

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ



Obor: 31 – 12 – 8

Technologie textilu a oděvnictví

Zaměření : Textilní materiálové inženýrství

KATEDRA TEXTILNÍCH STRUKTUR

Téma: Predikce pevnosti bavlněných přízí

Theme: Prediction of strenght a cotton yarns

Lenka Hrdličková

KAS – 070

Vedoucí diplomové práce : Dr. Dana Křemenáková

Rozsah práce a příloh:

Počet stran: 70

Počet obrázků: 14

Počet grafů: 9

Počet tabulek: 8

Počet příloh: 4

V Liberci dne 17. 5. 2004

Anotace

Cílem této práce byla predikce poměrných pevností přízí podle modelů Solověva, Žurka a Pana, také jejich porovnání s experimentálně zjištěnými poměrnými pevnostmi a s křivkami Uster statistiky. Experimenty byly provedeny na přízích kompaktních o jmenovitých jemnostech 7,4; 11,8 a 20 tex a prstencových o jmenovitých jemnostech 7,4; 10; 11,8; 20; 25 a 29,5 tex. Příze prstencové a kompaktní jmenovitých jemností 7,4; 11,8 a 20 tex byly dodány od stejného výrobce. Mykané příze měly jemnost 25 a 29,5 tex, ostatní použité příze byly česané. V samotném experimentu byla ověřována citlivost predikčních modelů na naměřené vstupní charakteristiky, které byly potřebné pro výpočet poměrných pevností přízí. Byly digitalizovány průměrné tahové křivky vláken, modelovány tahové pracovní křivky přízí, vypočítány moduly pružnosti vláken a přízí, také byla vypočítána deformační práce vláken a přízí. Odlišné hodnoty mezi predikovanými a experimentálně zjištěnými poměrnými pevnostmi vedly k diskusi.

Annotation

This work contains a prediction of strenght a cotton yarns by models Solovev, Zurek and Pan, comparsion of experimental strenght and curves Uster statistic. Compact yarns 7,4; 11,8 a 20 tex and ring yarns 7,4; 10; 11,8; 20; 25 a 29,5 tex was tested in this work. Ring and compact yarn 7,4; 11,8 a 20 tex was delivered the same producer. The carded cotton yarn was 25 and 29,5 tex another type of cotton was combed. The sensitivity of predicted yarn strenght on the input characteristics changes was evaluated. This work also contains digitalization deformation curves of fibres, simulated deformation curves of yarns, moduls of elasticity for fibres and yarns, deformation energy for fibres and yarns. Different values prediction and experimental strenght was tend to debat.

Prohlášení k využívání výsledků diplomové práce:

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé diplomové práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědoma toho, že užít své diplomové práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

Beru na vědomí, že si svou diplomovou práci mohu vyzvednout v Univerzitní knihovně TUL po uplynutí pěti let po obhajobě.

Místopřísežně prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně, a že jsem v seznamu použité literatury uvedla všechny prameny, ze kterých jsem ve své práci vycházela.

Jméno a příjmení :Lenka Hrdličková

Adresa: Ostrčilova 4
400 01 Ústí nad Labem

V Liberci dne 17. května 2004

Podpis:.....

Touto cestou si dovoluji poděkovat vedoucí diplomové práce Dr. Daně Křemenákové za konzultace, poskytnutí cenných rad, informací a zajímavého tématu, dále Ing. Janě Nováčkové za konzultace, připomínky a rady, které mi byly poskytnuty v průběhu práce.

Seznam použitých zkratk a symbolů

α	[m ⁻¹ .ktex ^{1/2}]	Köchlinův zákrutový koeficient
α^*	[m ⁻¹ .ktex ^q]	zobecněný zákrutový koeficient
α_k	[m ⁻¹ .ktex ^{1/2}]	kritický Köchlinův zákrutový koeficient
α_s	[1]	plošný Köchlinův zákrutový koeficient
α_y	[GPa ^{-β_y} .mm ⁻¹]	parametr měřítka
β	[°]	úhel stoupání šroubovice
β_D	[°]	úhel stoupání šroubovice
β_y	[1]	parametr tvaru vlákna
Γ	[1]	gama funkce
δ_a	[m ⁻¹ .ktex ^{1/2}]	rozdíl mezi Köchlinovým a kritickým Köchlinovým zákrutovým koeficientem
δ	[m]	tloušťka povrchové vrstvy příze
ε	[1]	pružná deformace
ε_v	[1]	deformace vlákna
ε_p	[1]	deformace příze
η_q	[1]	parametr orientace vláken
η	[1]	kvalita strojního parku
η_n	[1]	stupeň natažení vláken
κ	[1]	intenzita zákrutu
κ'	[1]	parametr podílu sil porušující přízi
κ_{krit}	[1]	kritická intenzita zákrutu
κ_{red}	[1]	redukováná intenzita zákrutu
κ_s	[1]	specifická intenzita zákrutu
λ	[m]	délka odstávajících konců vláken
μ	[1]	zaplnění příze
ν_{lt}	[1]	Poissonův poměr zakrouceného svazku
ρ_p	[kg.m ⁻³]	hustota příze
ρ_v	[kg.m ⁻³]	hustota vláken
σ_v	[N.tex ⁻¹]	napětí ve vlákně
τ	[1]	poměrná jemnost
a	[m ⁻¹ .ktex ^{2/3}]	Phrixův zákrutový koeficient
a_p	[%]	tažnost příze

a_v	[%]	tažnost vlákna
c	[1]	konstanta (Solověv)
c_T	[1]	koeficient technologie
C	[1]	konstanta (Solověv)
C_Z	[1]	koeficient pevnosti příze
d	[m]	ekvivalentní průměr vlákna
D	[mm]	průměr příze
D_s	[m]	substanční průměr příze
D_Z	[1]	koeficient pevnosti příze
e	[1]	empirická materiálová konstanta
E	[N.tex ⁻¹]	modul pružnosti
E_v	[N.tex ⁻¹]	modul pružnosti vlákna
E_p	[N.tex ⁻¹]	modul pružnosti příze
f	[1]	koeficient tření
f_n	[1]	veličina charakterizující vliv počtu vláken v příčném řezu příze
f_l	[1]	veličina charakterizující vliv délky vláken
f_α	[1]	veličina charakterizující vliv pevnosti příze na zákrutu
F	[N]	absolutní síla
F_v	[N]	absolutní síla působící na vlákno
F_{rv}	[N.tex ⁻¹]	relativní síla vlákna
F_y	[N]	třecí síla
G	[1]	koeficient přeměny příze
H	[1]	veličina charakterizující technologický proces
k	[1]	konstanta (Solověv)
k_f	[1]	tvarový faktor osy vláken
K	[1]	konstanta představující souhrnný vliv materiálu
K_o	[1]	křivost osy vláken ve vnější vrstvě příze
l_o	[m]	původní délka vlákna
l_d	[m]	délka vlákna po protažení
l	[m]	délka vlákna
l_p	[m]	délka úseku příze
l_h	[m]	délka vláken zakrouceného v přízi
l_u	[m]	upínací délka
M	[1]	koeficient přeměny příze

n	[1]	počet vláken v příčném řezu příze
N_y	[1]	počet vláken v řezu svazku
P	[N]	absolutní pevnost
P_{rp}	[N.tex ⁻¹]	relativní pevnost příze
\bar{P}_{rp}	[N.tex ⁻¹]	střední hodnota relativní pevnosti příze
P_{rpe}	[N.tex ⁻¹]	relativní experimentální pevnost příze
P_{rpp}	[N.tex ⁻¹]	relativní predikovaná pevnost příze
P_{rs}	[N.tex ⁻¹]	relativní pevnost svazku vláken
\bar{P}_{rs}	[N.tex ⁻¹]	střední hodnota poměrné pevnosti svazku vláken
P_{rv}	[N.tex ⁻¹]	relativní pevnost vlákna
\bar{P}_{rv}	[N.tex ⁻¹]	střední hodnota poměrné pevnosti vláken
P_v	[N]	absolutní pevnost vlákna
\bar{P}_v	[N]	střední tahová síla vlákna
q	[1]	zákrutový kvocient
q_l	[1]	podíl délek
q_s	[N.m ⁻¹]	spojité zatížení
Q_p	[N.tex ⁻¹]	relativní pevnost podle Pierce
q_r	[°]	úhel zakroucení svazku vláken
s	[m ²]	plocha příčného řezu vlákna
$s_{\bar{P}_{rp}}$	[N]	směrodatná odchylka střední hodnoty pevnosti příze
$s_{\bar{P}_{rs}}$	[N.tex ⁻¹]	směrodatná odchylka střední hodnoty poměrné pevnosti svazku vláken
$s_{\bar{P}_{rv}}$	[N.tex ⁻¹]	směrodatná odchylka střední hodnoty poměrné pevnosti vláken
s_s	[1]	koeficient seskání
S	[m]	substanční průřez příze
S_v	[m ²]	zúžená plocha příčného řezu vlákna
S_{v0}	[m ²]	původní plocha příčného řezu vlákna
t	[tex]	jemnost vlákna
T	[tex]	jemnost příze
u	[1]	koeficient přeměny příze
v_p	[%]	variační koeficient změny jemnosti příze
V_v	[1]	objemový podíl vláken

W	[J]	deformační práce
y	[m]	délka konce vlákna
Z	[m ⁻¹]	zákrut příze
z	[1]	výrazová funkce

Obsah

1. Literární rešerše na téma prstencové konvenční a prstencové kompaktní příze a mechanické vlastnosti	13
1.1. Úvod	13
1.2. Dopřádání	14
1.2.1. Konvenční prstencové dopřádání	14
1.2.1.1. Zóna protahování	15
1.2.1.2. Přádní trojúhelník	15
1.2.2. Kompaktní předení	16
1.2.2.1. Princip kompaktního předení	16
1.2.2.2. Zhušťování vlákných útvarů	17
1.2.2.3. Realizace zhušťovacího zařízení	17
1.2.2.4. Struktura a vlastnosti kompaktního předení	18
1.3. Předpřádání a dopřádání z hlediska zpevňování	18
1.3.1. Tvorba zákrutů	18
1.3.2. Skaní	19
1.4. Mechanické vlastnosti	19
1.4.1. Jednoosá deformace v tahu	19
1.4.2. Ultimativní charakteristiky	21
1.4.3. Charakteristické části tahové pracovní křivky	21
1.4.3.1. Pružná deformace	22
1.5. Vlastnosti bavlněných vláken	22
1.5.1. Mechanické vlastnosti bavlněných vláken	22
1.5.2. Průběh mechanického namáhání bavlněného vlákna	23
2. Teoretická část na téma základní parametry příze a modely predikující pevnost příze	24
2.1. Charakter příze	24
2.2. Vlastnosti příze	24
2.3. Struktura příze	25
2.3.1. Základní parametry popisující přízi	25
2.3.2. Zákrut příze	27
2.4. Tahové namáhání příze	28

2.4.1.	Faktory ovlivňující tahovou křivku příze	29
2.4.1.1.	Vliv sklonu vláken	29
2.4.1.2.	Vliv navlnění vláken	29
2.4.1.3.	Prokluzy vláken	30
2.4.1.4.	Vliv migrace vláken	30
2.5.	Pevnost příze	30
2.5.1.	Metody predikce pevnosti příze	31
2.5.1.1.	Metoda predikce pevnosti dle A. N. Solověva	31
2.5.1.1.1.	Hlavní princip odvození koeficientu f_n	33
2.5.1.1.2.	Hlavní princip odvození koeficientu f_l	34
2.5.1.1.3.	Hlavní princip odvození koeficientu f_a	35
2.5.1.2.	Metoda predikce pevnosti dle W. Žurka	35
2.5.1.3.	Metoda predikce pevnosti dle N. Pana	39
2.5.2.	Vztah mezi pevností a zákrutem příze	43
2.5.3.	Vliv upínací délky na pevnost příze	44
3.	Experimentální část	46
3.1.	Použité experimentální metody	46
3.1.1.	Stanovení jemnosti vláken	46
3.1.2.	Stanovení pevnosti vláken	47
3.1.3.	Digitalizace průměrné tahové křivky vláken	48
3.1.4.	Deformační práce vláken	49
3.1.5.	Modul pružnosti vláken	49
3.1.6.	Stanovení délky vláken	50
3.1.7.	Stanovení zákrutu příze	50
3.1.8.	Stanovení jemnosti příze	50
3.1.9.	Stanovení pevnosti a tažnosti příze	50
3.1.10.	Sestrojení průměrné tahové křivky příze	51
3.1.11.	Deformační práce příze	52
3.1.12.	Modul pružnosti příze	52
3.1.13.	Citlivost modelů na změnu vstupních charakteristik	52
3.1.14.	Predikce poměrných pevností příze podle modelů Solověva, Žurka a Pana	54
3.1.15.	Uster statistika	56

3.2.	Diskuse	57
3.2.1.	Porovnání základních naměřených charakteristik vláken	57
3.2.2.	Pevnost a tažnost příze	58
3.2.3.	Citlivost modelů na změnu vstupních charakteristik	60
3.2.4.	Porovnání predikovaných a experimentálních poměrných pevností příze	60
3.2.5.	Porovnání poměrných pevností příze s Uster statistikou	64
3.2.6.	Porovnání vypočtených charakteristik	67
4.	Závěr	70
	Použitá literatura	
	Přílohy	

1. Literární rešerše na téma prstencové konvenční a prstencové kompaktní příze a mechanické vlastnosti

1.1. Úvod

Výroba textilií patří k nejstarším odvětvím průmyslu a souvisí bezprostředně s rozvojem lidské společnosti. Ovlivňuje a je ovlivňována rozvojem celé řady jiných odvětví, zejména strojírenství (vysoké rychlosti strojů, vysoká přesnost mechanismů atd.), chemie (organické a neorganické vláknotvorné polymery, syntetická barviva, speciální úpravy), ale také elektroniky a automatizace (první použití děrných štítků, komplexní řízení barvicích procesů atd.) Produkty textilní výroby tj. textilie se používají nejen pro oděvní účely, ale také pro technické aplikace. Textilie a materiály vyrobené textilními technologiemi se v rozhodující míře podílejí na rozvoji nových materiálů na bázi kompozit. Zasahují výrazně nejen do dnes již klasických odvětví jako je stavebnictví a automobilový resp. letecký průmysl, ale také do kosmonautiky, medicíny, ekologie a ochrany životního prostředí.

Textilní obor se dlouhou dobu rozvíjel pouze jako technologie a teprve nedávno se začal systematicky pěstovat jako aplikovaný vědní obor [1]. Mechanická textilní technologie vyzrála tisíciletou zkušeností do vysoké úrovně a předstihovala mnohé jiné technické obory ještě na přelomu minulého století [2].

Dopřádání jako závěrečný technologický stupeň v přádelně se vyznačuje, z hlediska vývojového, zajímavými tendencemi. Převažujícím způsobem dopřádání je v hlavních přádelnických technologiích prstencové dopřádání, jehož vynález spadá do r. 1829. Výrazný nástup bezvřetenového rotorového dopřádání od konce 60-tých let minulého století se projevil v bavlnářské mykané technologii, přesto i zde naprosto převažuje rovněž prstencové dopřádání. Samozřejmě vedle bezvřetenového rotorového dopřádání probíhá vývoj dalších nekonvenčních dopřádacích systémů. Snahou technologického výzkumu při zdokonalování těchto nekonvenčních dopřádacích systémů je dosáhnout lepší úrovně pevnosti a dalších vlastností a v těchto souvislostech se stává přirozeným standardem odpovídající prstencová příze.

Kromě hledání zcela nových nekonvenčních dopřádacích systémů se ubírá vývoj i dalším směrem. Jedná se o zdokonalování popř. modifikování principu prstencového

dopřádacího stroje. Velmi významné v tomto směru byla agregace prstencového dopřádacího stroje s automatickým soukacím strojem.

Přes skutečnost, že prstencová příze se stala úrovní svých významných užitných vlastností do jisté míry kvalitativním standardem pro příze vyráběné nekonvenčními dopřádacími systémy, je nutno uvést, že struktura prstencové příze není samozřejmě dokonalá a je poznamenána některými nepříznivě působícími technologickými zónami. To se přirozeně projeví ve struktuře a v některých užitných vlastnostech.

Významné zdokonalení systému prstencového dopřádání představuje vytvoření technologických podmínek pro odstranění přídního trojúhelníku u vlákenného útvaru na výstupu z odváděcích válců průtahového ústrojí, resp. na vstupu do zóny zakrucování. To vede k řadě pozitivních důsledků ve struktuře a vlastnostech takto vytvářené příze. Tyto příze se nazývají jako kompaktní nebo zhuštěné příze [3].

1.2. Dopřádání

Jedná se o proces výroby příze na různých typech dopřádacích strojů. Nejčastěji se používají stroje prstencové, bezvřetenové rotorové, křídlové a další stroje s různými principy dopřádání.

Přást nebo pramen je v tomto procesu výroby dále zjemněn (protažen), zpevněn trvalým zákrutem a navinut na přízové těleso vhodného tvaru.

1.2.1. Konvenční prstencové dopřádání

Prstencový dopřádací stroj tvoří poslední výrobní stupeň v klasickém systému výroby jednoduché příze ze staplových vláken. Na tomto stroji se realizují následující spřádací procesy:

- zjemňování vlákenné předlohy (tzn. přástu, pramene) pomocí průtahu na úroveň délkové hmotnosti příze
- zpevnění protaženého vlákenného útvaru zakrucováním
- navíjení vytvořené příze a tvorba návínu

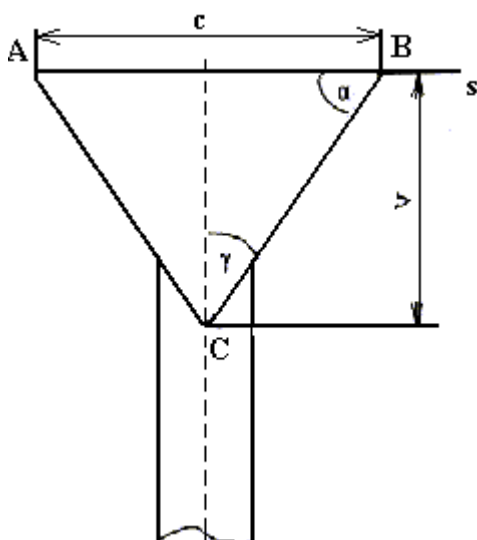
Předlohový vlákenný útvar (přást) je odebírán z křídlové cívky a je veden do průtahového ústrojí, kde je zjemňován vlivem rozdílných rychlostí protahovacích válečků. Protažený vlákenný útvar se po výstupu ze svěrné linie odváděcích válců formuje do tzv. přídního trojúhelníku, kde je mu udělován zákrut, přičemž prochází

kolem sací hubice (ta zajišťuje odsání příze při přetrhu). Vznikající příze je vedena k běžci, který obíhá vysokou rychlostí po prstenci, a následně k cívce nacházející se na rotujícím prstencové vřetenu.

1.2.1.1. Zóna protahování

Kvalita protahování je ovlivňována použitým průtahovým ústrojím. Jelikož se bavlna vyznačuje nestejnoměrností délek vláken, bylo poměrně těžké nalézt správnou délku jednotlivých průtahových polí. Celkový vývoj dospěl k průtažnému ústrojí tří-válečkovému dvou-řemínkovému s krátkým a dlouhým řemínkem, které umožňuje optimálnější vedení a kontrolu vláken během protahování [4].

1.2.1.2. Přádní trojúhelník



Obr. 1.: Vymezení přádního trojúhelníku ABC

Přádní trojúhelník u prstencového dopřádání se vytváří na výstupu z průtahového ústrojí. Je vymezen svěrnou linií odváděcích válců průtahového ústrojí (základna přádního trojúhelníku) a polohou bodu v oblasti tvorby příze (vrchol rovnoramenného trojúhelníku) viz. obr. 1.

Přítlak přítlačného odváděcího válce deformuje příčný řez postupujícího délkového vlákenného útvaru do zploštělého tvaru, vyznačujícího se určitou šířkou, která odpovídá naznačenému rozměru c viz. obr. 1. Šířka c

přádního trojúhelníku je závislá na délkové hmotnosti daného vlákenného produktu přetvářeného do příze a na přítlaku a povlaku přítlačného válce. Po výstupu ze svěrné linie směřují jednotlivá vlákna do bodu resp. zóny tvorby příze C obr. 1., kde se vytváří geometrická, ale i mechanická struktura vytvářené příze. Výška přádního trojúhelníku v bude zřejmě závislá na zákrutové hustotě, tj. zákrutu příze. Při vyšším zákrutu dochází ke snížení výšky v a naopak.

Z geometrického uspořádání zároveň vyplývá, že jednotlivá vlákna se napojují do utvářené struktury příze pod nestejnou tahovou silou. Osové vlákno bude zapřádáno pod

nižším tahem, zatímco okrajová vlákna budou pod působením vyšší tahové síly. Tato struktura vstupního zatížení připřádaných vláken ovlivní konečnou mechanickou strukturu příze, která se vytváří relativně složitým způsobem.

Jsou zde vytvořeny mechanické i geometrické předpoklady pro následnou migraci vláken ve struktuře vláken a značnou nerovnoměrnost v zatížení jednotlivých vláken, což se pak projevuje dále v nižším stupni využití substanční pevnosti vláken.

Kromě zákrutu však ovlivňuje výšku zákrutového trojúhelníku též úhel opásání vlákenné stužky u spodního odváděcího válečku. Čím je větší tento úhel opásání, tím větší bude výška zákrutového trojúhelníku.

Přádní trojúhelník s příliš malou výškou vytváří podmínky pro velkou nerovnoměrnost v tahovém zatížení vláken a vzniká větší nebezpečí přetrhu. Přádní trojúhelník s větší výškou, dosaženou i prostřednictvím většího úhlu opásání je příznivější z hlediska stejnoměrnějšího zatížení vláken. Pro dosažení vyšší pevnosti, tažnosti, stejnoměrnosti příze, nižší nопkovitosti, chlupatosti je důležitý vyšší stupeň uspořádanosti vláken, šroubovicové uspořádání vláken ve struktuře příze, stejnoměrnější tahová síla zatěžujícího vlákna při připřádání.

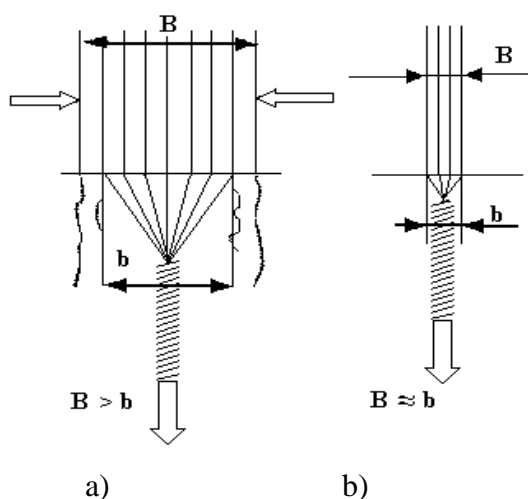
Vliv přádního trojúhelníku se vyznačuje již zmíněnou nerovnoměrností v tahovém zatížení jednotlivých vláken a specifickou tvorbou příze vytvářející podmínky pro migraci vláken [3].

1.2.2. Kompaktní předení

Kompaktní předení je modifikací klasického prstencového dopřádání. Princip spočívá ve zhuštění vlákenného materiálu před zónou tvorby příze, čímž je odstraněn přádní trojúhelník. Tato úprava má vliv na strukturu a vlastnosti vypřádané příze.

1.2.2.1. Princip kompaktního předení

Princip kompaktního předení spočívá v odstranění přádního trojúhelníku, aby došlo k jeho odstranění musí být vlákenný útvar v průtahovém ústrojí zhuštěn na určitou šířku. Na obr. 2a. je schématicky znázorněna situace při prstencovém dopřádání a na obr. 2b. při kompaktním předení. Šířka B vlákenné suroviny je u kompaktního předení eliminována na šířku, která se blíží svojí hodnotou průměru vytvářené příze a hodnotě b



Obr. 2.: Schéma konvenčního a kompaktního prstencového dopřádání

(základně přádního trojúhelníka). Vlákenná surovina tak tvoří paralelní svazek vláken, který si i po výstupu ze svěrné linie zachovává stejný tvar.

Dochází k zakrucování vlákenné struktury, která má přibližně kruhový průřez a ne k zakrucování vlákenné stužky. V příloze 4 na obr. 1. je popsána situace k vidění.

1.2.2.2. Zhušťování vlákenného útvaru

Při realizaci strojů pro kompaktní předení je ke klasickému průtahovému ústrojí přidán jeden pár válců navíc a transportní zařízení s kondenzačním účinkem. Přidaný pár válců vymezuje kondenzační zónu. Určitý kondenzační účinek při předení má zákrut přástu, který zabraňuje nejen poškození jeho struktury průchodem průtahovým ústrojím, ale také udržuje všechna vlákna během spřádacího procesu pohromadě. Zákrut přástu působí kondenzačním účinkem v předprůtahové zóně a pozitivně ovlivňuje výsledek spřádání, avšak v hlavní průtahové zóně se ztrácí a jeho kondenzační účinek nevystačí k tomu, aby byla všechna vlákna zachycena do přádního trojúhelníku.

1.2.2.3. Realizace zhušťovacího zařízení

Zhušťování vlákenné suroviny pomocí transportního, kondenzačního zařízení realizuje každá z výše uvedených firem jiným způsobem, který je však založen na shodném principu odsávání vzduchu. Některé realizace kondenzačního zařízení jsou:

- perforovaný válec (firma Riter)
- mřížkově tkaný řemínek (firma Suessen)
- perforovaný řemínek (firma CSM, Zinser)

Vlákenná surovina je jako při konvenčním předení protahována nejčastěji tří-válečkovým dvou-řemínkovým průtahovým ústrojím, které je většinou dvou-zónově

uspořádané. Avšak před zónou tvorby příze prochází protažená vlákenná surovina přes kondenzační prostředek a je zhušťován aerodynamickou silou.

1.2.2.4. Struktura a vlastnosti kompaktních přízí

Při předení bez přádního trojúhelníku jsou všechna vlákna zapřádána do těla příze pod stejným tahovým napětím. Jsou-li udělovány zákruty vlákenné surovině velmi blízko svěrné linii průtahového ústrojí, jsou i v této kritické oblasti zakrucována krátká vlákna pod stejným tahovým napětím. Z tohoto důvodu se zvyšuje využití pevnosti vlákenné substance v přízi a snižuje se chlupatost [5].

1.3. Předpřádání a dopřádání z hlediska zpevnování

1.3.1. Tvorba zákrutů

Vlákenný produkt je nutno během technologického procesu spřádání zpevňovat, zejména ve fázích, kdy dochází k jeho poměrně značnému ztenčování, zvláště při vytváření konečného produktu – příze.

Rozlišujeme dva druhy zákrutů, a to zákrut trvalý a nepravý.

Trvalým zákrutem rozumíme zakrucování vláken v jednom směru kolem osy vlákenného produktu (přástu nebo příze). Zákrut vyjadřujeme počtem celých otáček na délku 1 m. Z hlediska směru rozlišujeme zákrut levý (S) a pravý (Z). Tímto zákrutem je možno dosáhnout největšího zpevnění vlákenného produktu a používá se proto převážně při zpevňování příze a dále při výrobě skané příze.

Nepravým zákrutem rozumíme postupné zakrucování v obou směrech. Tyto zákruty opačného směru se ruší, tudíž nevzniká zakroucení s charakterem trvalého zákrutu. Účelem nepravého zákrutu je zpevnění vlákenného produktu prostřednictvím sblížení a zhuštění vláken, aby se mohla lépe uplatnit mezivlákenná soudržnost, daná zejména povrchovou strukturou a dalšími vlastnostmi vláken. Nepravý zákrut se používá pro zpevnění meziprojektu vlákenné materiálu. Působí-li při zakrucování nepravým zákrutem současně větší příčné stlačující síly, jedná se o zaoblování.

Použití určitého způsobu zpevňování, závisí na požadovaném stupni zpevnění, vlastnostech vlákenného materiálu, jemnosti vlákenného produktu.

1.3.2. Skaní

Skaní probíhá v technologickém sledu po dopřádání. Skáním rozumíme spojování dvou nebo více jednoduchých přízí zakrucováním. Skaná příze vzniká vzájemným zakrucováním dvou nebo více jednoduchých přízí.

Skáním docílujeme u výsledného produktu zejména zvýšení pevnosti, zvýšení tažnosti, zvýšení hmotové nestejnoměrnosti anebo může být dosaženo určitých barevných efektů.

Udělování zákrutů při skaní může být ve směru S nebo Z. Smysl skacího zákrutu vůči zákrutu příadnímu má vliv na pevnost, na vzhled a na omak výsledné skané příze. Obvykle se volí skací zákrut opačný v porovnání se zákrutem příadním [6].

1.4. Mechanické vlastnosti

Mechanické vlastnosti [7] svědčí o kvalitě vláken zejména pro technické účely, kde se obvykle vyžaduje odolnost vůči tahovým deformacím. Většinou se měří odezva na vnější síly resp. deformace ve zvoleném způsobu namáhání. Namáhání se rozděluje na:

- jednoosé (tah, tlak)
- víceosé (ohyb, krut)

Během mechanického namáhání dochází v textilií ke změně tvaru – k deformaci, která je závislá na:

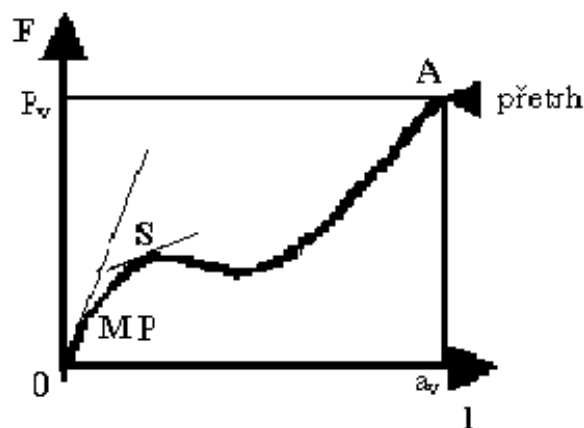
- velikosti zatížení
- rychlosti namáhání
- době trvání

S ohledem na opakování se rozlišuje namáhání prosté a cyklické, s ohledem na čas jde o statické a dynamické namáhání. Záleží také na tom, zda jde o namáhání do přetrhu (ultimativní) nebo v oblastech, kde nedochází k porušení vláken.

1.4.1. Jednoosá deformace v tahu

Základním režimem namáhání je jednoosá deformace v tahu. V tomto režimu se sleduje vztah mezi silou a protažením vláken (pracovní diagram) viz. obr. 3. Čím je křivka pracovního diagramu strmější, tím větší klade materiál odpor proti deformaci.

Působí-li na vlákno postupně rostoucí síla F_v , dochází k růstu prodloužení l_d vlákna až do bodu přetrhu A. Významnými hodnotami pracovního diagramu jsou počáteční



Obr. 3.: Tahová pracovní křivka

modul (derivace v počátku) a souřadnice bodu přetrhu označovaného jako pevnost vlákna P_v a tažnost vlákna a_v , což je zřejmé z obr. 3.

Vlákno původní délky l_0 a plochy příčného řezu S_{v0} je působením síly F_v prodlouženo na délku l_d a zúženo na plochu S_v .

Místo absolutní síly F_v se používá relativní síla F_{rv} resp. napětí σ . Relativní

síla vlákna je vyjádřena jako síla na jednotku jemnosti tj.

$$F_{rv} = \frac{F_v}{t} = \frac{F_v}{S_v \rho_v}, \quad (1)$$

kde t je jemnost vlákna a ρ_v je hustota vláken.

Napětí ve vlákne σ_v je vyjádřeno jako síla F_v na jednotku plochy příčného řezu S_v tj.

$$\sigma_v = \frac{F_v}{S_v}. \quad (2)$$

Platí, že

$$\sigma_v = F_{rv} \rho_v. \quad (3)$$

Také místo protažení vlákna l_d se používá relativního vyjádření, standardně se používá deformace definována jako

$$\varepsilon_v = \frac{l_d - l_0}{l_0}. \quad (4)$$

Pro oděvní i technické účely je důležitá znalost síly potřebné k vyvolání malých deformací (obvykle do 1-5 % což simuluje situaci při nošení). Tato síla souvisí s počátečním modulem v tahu. Počáteční modul je definován jako derivace pracovního diagramu v počátku. Jde o směrnici tečny v počátku k pracovnímu diagramu vláken.

1.4.2. Ultimatívni charakteristiky

Jestliže na úsek vlákna [8] působí tahová síla F_v , která způsobuje poměrné prodloužení ε_v (deformaci) vlákna, tak v okamžiku přetrhu dosáhne síla F_v hodnoty pevnosti P_v a poměrné prodloužení ε_v je právě tažností a_v . Mezi silou F_v a poměrným prodloužením ε_v existuje funkční závislost $F_v = \sigma(\varepsilon_v)$, kde $\varepsilon_v \in \langle 0, a_v \rangle$. Tato funkční závislost je nazývána tahovou pracovní křivkou viz. obr. 3.

Pevnost a tažnost jsou základními [7] charakteristikami všech typů vláken. Pevnost se definuje jako relativní síla (síla do přetrhu) P_{rv} .

Relativní pevnost vlákna lze vyjádřit jako absolutní pevnost na jednotku jemnosti vztahem

$$P_{rv} = P_v / t . \quad (5)$$

1.4.3. Charakteristické části tahové pracovní křivky

Při zkoušení mechanických vlastností [9] jde většinou o zjištění meze pružnosti. Vzorek je v těchto zkouškách zatěžován až do destrukce – přetrhu vzorku.

Z křivky na obr. 3 jsou zřejmé některé charakteristické části, jako oblast $0 - MP$, což je oblast pružných (elastických) deformací, tzn. deformace se po uvolnění napětí vrátí. Bod MP charakterizuje mez pružnosti. Nad tímto bodem se začínají projevovat plastické (nevratné) deformace. V bodě S začíná kluz a v bodě A dojde k destrukci, přičemž je vynaložena maximální síla.

1.4.3.1. Pružná deformace

Pružná deformace [7] se modeluje Hookeovskou pružinou charakterizovanou modulem pružnosti E . Pro pružnou deformaci pak platí, že $\sigma = E \cdot \varepsilon$. Průběh napětí je v závislosti na deformaci při zatížení a odlehčení konstantní rychlostí deformace.

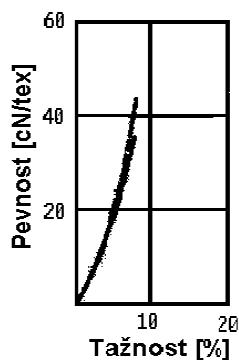
Deformační práce spotřebovaná na převedení ideálně pružného tělesa z nedeformovaného do deformovaného stavu se v tělese ukládá jako potenciální deformační energie. Při přechodu zpět do nedeformovaného stavu se tato energie uvolní (spotřebuje). Odlehčení tedy vede k samovolnému návratu do původního stavu. Deformační práce W je obecně dána vztahem

$$W = \int_0^l F \cdot dl. \quad (6)$$

1.5. Vlastnosti bavlněných vláken

Bavlna jsou jednobuněčná vlákna obrůstající semena bavlníku. Bavlníky jsou předmětem neustálého šlechtění. Mezi šlechtitelské cíle patří délka, jemnost, pevnost a barva vlákna. Moderním trendem je genetické šlechtění bavlny. V podélném řezu se vlákno jeví jako nepravidelně zakroucená a zploštělá stužka se zesílenými stěnami a dosti malým lumenem, v příčném řezu má vlákno nejčastěji ledvinovitý tvar.

1.5.1. Mechanické vlastnosti bavlněných vláken



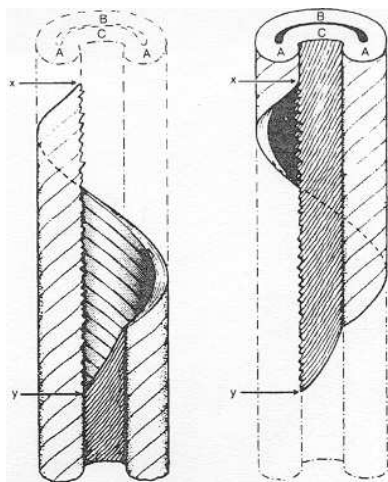
Obr. 4.: Pracovní diagram tahové zkoušky bavlněných vláken

Pevnost bavlněného vlákna za sucha je 2 – 5 cN/dtex a za mokra 100 – 120% pevnosti za sucha. Mercerací se pevnost zvyšuje na 7 cN/tex. Pracovní křivka vlákna je přibližně lineární. Tažnost vlákna za sucha má hodnotu 6 – 8% a za mokra 100 – 110% tažnosti za sucha viz. obr. 4.

Mechanické vlastnosti jsou citlivé na změnu vlhkosti. 65% ± 2% vlhkost vede ke změně

pevnosti a tažnosti o 4%. Vlhkost způsobí porušení vodíkových můstků a následně relaxaci napětí, proto dochází k vysoké deformabilitě a k snadné deformovatelnosti.

1.5.2. Průběh mechanického namáhání bavlněného vlákna



Obr. 5.: Přetrh bavlněného vlákna

Existuje několik druhů přetrhů [10] bavlněných vláken, které závisí na prostředí, ve kterém se vlákna vyskytují a na chemické úpravě. Přetrh bavlny při 65% relativní vlhkosti je znázorněn na obr. 5. Zde dochází k přetrhu ve směru osy vlákna. Porušení vlákna začíná v bodě x v rozmezí AB , šíří se přes úhel stoupání šroubovice do bodu y , kde nastává přetrh. Po vysušení má vlákno ledvinovitý tvar.

Oblast A je málo přístupná s velkou hustotou fibril. Oblast C je nejméně organizovaná a nejvíce narušovaná. Vláknó se nejsnadněji naruší mezi oblastí A a C .

2. Teoretická část na téma základní parametry struktury příze a modely predikující pevnost příze

Do pevnosti a tažnosti příze se promítá celá řada vlivů, plynoucích z vlastností materiálu i struktury vyrobené příze. Složitost dílčích mechanismů způsobuje, že zatím nebyl vypracován dostatečně obecný a uspokojivě přesný model pevnosti a tažnosti příze [11].

2.1. Charakter příze

Příze je významným poloproduktem textilní výroby. Díky osobitým zvláštěnostem své struktury a z ní plynoucích vlastností je úspěšně využívána ve výrobě tkanin, pletenin i pletenotkaných textilií, provaznických výrobků atd.

Mnohá specifika příze jsou důsledkem zaplnění, které se pohybuje v rozmezí nejčastěji od 0,4 do 0,55, to je oblast nízko zaplněné kompaktní struktury. Příze je typem nejvolnější struktury ze skupiny těch, u nichž je potlačen individuální charakter chování vlákna, tzn. soustava vláken se chová jako celek. Příze je proto označována jako útvar s optimálním kompromisem mezi požadavky na porezita, měkkost a objemnost na jedné straně a požadavky na trvanlivost i zpracovatelskými požadavky na mechanické vlastnosti na straně druhé.

2.2. Vlastnosti příze

Výsledné chování příze v sobě shrnuje děje, probíhající uvnitř jednotlivých vláken i mezi nimi. Vlastnosti příze jsou tedy vnějšími projevy celé vlákenné soustavy.

V této práci je považováno za nejmenší jednotku struktury vlákno. V procesu předení se vlastnosti vstupujících vláken obvykle příliš nemění, nejvýraznější změny zaznamenávají délka a obloučkovitost vláken. Přesto lze vyrobit z téže suroviny i příze velmi odlišných vlastností. Značný vliv má totiž vzájemné uspořádání a spolupůsobení vláken v přízi – struktura příze.

2.3. Struktura příze

Struktura příze je výsledným produktem tvorby příze. Je to stav, který se ustálil po přetvoření neuspořádané vlákenné suroviny na výsledný produkt s určitým uspořádáním vláken. Tvorba předurčuje strukturu, někdy však ani ze znalosti tvorby příze nelze dostatečně přesně vysvětlit určitý strukturální fakt. V popisu struktury příze se proto vyskytují i poznatky empirické a experimentální [2].

Znalost struktury příze pomáhá při uplatňování příze v textilních výrobcích. Proto se ji určitými metodami snažíme popsat. Strukturu můžeme sledovat experimentálními metodami nebo stejně jako pro popis tvorby příze vytvoříme určité modelové představy, které se někdy zabývají mezními případy a nejsou realizovatelné při skutečné tvorbě. Struktura je složitým souborem prostorových a fyzikálních vztahů. Podle toho lze na strukturu pohlížet jako na geometrickou strukturu nebo na fyzikální, avšak ve skutečnosti jde o soubor obojího [5].

2.3.1. Základní parametry popisující přízi

Jemnost příze T vyjadřuje [2] lineární hmotnost vlákenného útvaru, tzn. hmotnost připadající na jednotku délky. Závisí nejen na objemu hmoty, ale i na měrné hmotnosti materiálu ρ_v

$$T = S\rho_v = m_p / l_p, \quad (7)$$

kde S je souhrnná plocha vláken v příčném řezu přízi, nazývaná substanční průřez příze. Jemnost příze je také možno vyjádřit jako podíl hmotnosti úseku příze m_p ku jeho délce l_p , z této definice vyplývá jednotka jemnosti [tex], jenž vyjadřuje hmotnost jednoho kilometru příze. Jemnost příze může být vyjádřena také ve vztahu k jemnosti použitých vláken t , jako poměrná jemnost τ , která je bezrozměrnou veličinou podle vztahu

$$\tau = T / t. \quad (8)$$

Vztah vyjadřuje počet paralelně uložených vláken jemnosti t ve svazku jemnosti T .

Pokud by byla vlákna stlačena do homogenního válce, měla by příze průměr, tzv. substanční D_s

$$D_s = \sqrt{4S/\pi} = \sqrt{4T/(\pi\rho_v)} . \quad (9)$$

Teoretický pojem průměru vychází z průměru nejmenšího myšleného válce, v němž je soustředěna veškerá hmota příze. Pak mezi průměrem D (skutečný průměr příze i s prostory mezi vlákny) a substančním průměrem D_s platí ve všech praktických případech relace $D > D_s$. Poměr D_s/D je bezrozměrnou veličinou, která vyjadřuje vztah průměru příze a její jemnosti s využitím

$$\mu = D_s^2 / D^2 = 4S / \pi d^2 = 4T / (\pi d^2 \rho_v) , \quad (10)$$

kde μ je zaplnění příze (z klasické definice podíl plochy S vláken k celkové ploše $\pi d^2 / 4$ příze). A lze pouze úpravou vyjádřit průměr D příze

$$D = \sqrt{(4T / \pi \rho_v \mu)} . \quad (11)$$

Pro jemnost vláken t platí obdobný vztah jako (7)

$$t = s \rho_v , \quad (12)$$

kde s je plocha příčného řezu vlákna.

Ekvivalentní průměr vlákna d , což je průměr kruhu o ploše, která je rovna ploše příčného řezu s vlákna

$$d = \sqrt{4s/\pi} . \quad (13)$$

2.3.2. Zákrut příze

Zákrut je do vlákenného útvaru vkládán krutným elementem (vřetenem, rotorem), tím je vlákenný útvar zpevňován a vzniká příze. Na zákrut lze pohlížet buď z hlediska tvorby příze nebo ze strukturálního hlediska.

Z hlediska tvorby příze je zákrut dán počtem otáček vložených do jednotkové délky. Se zákrutem Z souvisí některé bezrozměrné veličiny, např. Köchlinův zákrutový koeficient α , který je používán v praktických výpočtech a vyjadřuje ho vztah

$$\alpha = Z\sqrt{T} = \alpha_s\sqrt{\rho}, \quad (14)$$

kde α_s je plošný Köchlinův zákrutový koeficient, který je dán vztahem

$$\alpha_s = Z\sqrt{S}, \quad (15)$$

kde S je substanční průřez příze.

Empirickým zobecněním vznikne zobecněný zákrutový koeficient α^* dán vztahem

$$\alpha^* = ZT^q, \quad (16)$$

kde veličina q je zákrutový kvocient. Běžně se používá $q = 2/3$, kterému přísluší tzv. Phrixův zákrutový koeficient značený a a podle (16) daný vztahem

$$a = ZT^{2/3}. \quad (17)$$

Naprosto přesný popis struktury příze z hlediska uspořádání vláken je obtížný, proto se často užívá šroubovicový model příze, jenž vychází z předpokladů, že příze tvoří válec s průměrem D . Vlákná jsou válcová a jejich průřez je kruh o průměru d . Jsou uspořádána tak, že jejich osy tvoří soustavu souosých šroubovic na obecných poloměrech r . Výška stoupání šroubovice je rovna $1/Z$. Mezi úhlem stoupání šroubovice β (také úhel zkosu) obecného vlákna a zákrutem Z platí vztah

$$\operatorname{tg} \beta = 2\pi r Z, \quad (18)$$

pokud by vlákno leželo na povrchu příze, kde $r = D/2$ nabývá úhel β hodnoty β_D a analogicky vztahu (18) je vyjádřen

$$\operatorname{tg} \beta_D = \pi D Z = \kappa, \quad (19)$$

kde κ je bezrozměrná veličina nazývaná intenzita zákrutu.

Mezi jemností, zákrutem a průměrem příze existuje vzájemné přiřazení, které bylo mnohokrát experimentálně prokázáno (Köchlinova hypotéza, Phrixova korekce a komprimační hypotéza). Hrubší příze, které obsahují větší množství vláken v příčném řezu, budou mít větší průměr než příze jemnější. Se zvyšujícím se zákrutem jsou ovšem vlákna více stlačována a tím se průměr zmenšuje. Přiřazení jemnosti příze, zákrutu a průměru příze je problémem, který se týká stlačování vlákenného materiálu a vnitřní mechaniky příze.

2.4. Tahové namáhání příze

Příze bývá nejčastěji namáhána vnějšími tahovými silami působícími ve směru její osy. Působením tahových sil dochází k deformaci příze, především k prodlužování její délky. Síly a deformace nejsou obecně konstantní, ale proměňují se s časem. Mezi silami, deformacemi a časem jsou pozorovány jisté závislosti, podmíněné osobitostí každé příze. Nejčastěji se však zkoumá vztah mezi silami a deformacemi při konstantní rychlosti růstu zatížení nebo při konstantním prodloužení. Graf závislosti mezi působící tahovou silou a prodloužením příze pak bývá nazýván tahová nebo pracovní křivka.

S narůstajícím zatížením se příze stále více deformuje, až dospěje k destrukci. V tomto okamžiku charakterizuje hodnota tahové síly nebo napětí pevnost a jí odpovídající prodloužení – tažnost zkoumané příze.

Průběh tahové křivky závisí vedle působících sil i na ostatních vlivech okolí. Významné jsou zejména teplota a vlhkost.

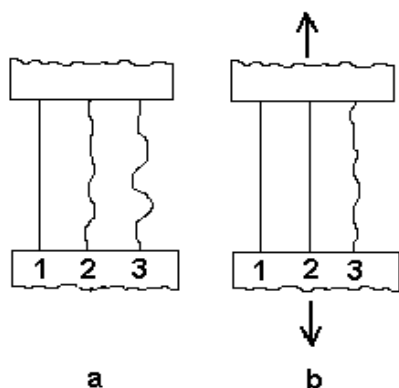
Příze ovlivňuje tahovou křivku jak materiálem vláken, tak i svou strukturou. Při zatěžování se vlákna deformují, mění svou vzájemnou polohu a interakci. Tahové namáhání způsobuje změny struktury vlákna.

2.4.1. Faktory ovlivňující tahovou křivku příze

2.4.1.1. Vliv sklonu vláken

Jedním z důležitých faktorů ovlivňující tahovou křivku je sklon vláken k ose příze. V nezatížené přízi leží vlákno v obecném místě, po zatížení se vlákno prodlouží a zaujme novou polohu, tím dojde k jeho poměrnému prodloužení, což se odrazí také ve zmenšení příčných rozměrů vlákna. Obvykle se předpokládá, že v osové směru se prodlužují všechna vlákna v přízi stejně a jejich prodloužení je poměrným prodloužením příze. V tahové síle příze se uplatňují také příčné síly mezi vlákny, působící v kolmých směrech k jejich osám. Součet sil působících ve směru osy vlákna od všech vláken v průřezu příze tvoří výslednou sílu vyjadřující vliv tahových sil ve vláknech na tahovou sílu v celé přízi.

2.4.1.2. Vliv navlnění vláken



Obr. 6.: Vliv navlnění vláken při
tahovém namáhání

Vlákna se v přízi dotýkají a v místech styku se vzájemně silově ovlivňují. Mezi kontakty zaujímají úseky vláken různé prostorové tvary. Mohou být buď přímkové, nebo rozmanitým způsobem více či méně navlněné – zaobloučkové, zkadeřené. Na výsledném charakteru tahové křivky příze se toto navlnění projevuje často významným způsobem. Základní myšlenka je znázorněna na obr. 6. Nákres na obr. 6a. představuje tři

různá vlákna, upnutá ve svěrných čelistech. Vlákno 1 je přímkové, vlákna 2 a 3 jsou v různé míře navlněná. Při oddálení čelistí podle obr. 6b. se vlákno 1 prodlužuje a vzniká v něm jistá napínací síla. Vlákno 2 se nejprve vyrovnalo a teprve poté se začalo napínat. Síla v něm bude proto menší než ve vlákne 1. Vlákno 3 se ve znázorněném okamžiku dosud nevyrovnalo, a nepřenáší tedy prakticky žádnou sílu. Výsledná síla působící na čelisti je menší než síla, jež by při stejném oddálení čelistí vznikla použitím trojice přímkových vláken. Podobným způsobem se zřejmě chovají vlákna v přízi, kde

jsou navlněné úseky mezi kontakty jednou z příčin nerovnoměrného mechanického využití materiálu.

2.4.1.3. Prokluzu vláken

Příze jsou vytvářeny ze staplových vláken. Při prodlování příze dochází k postupnému napínání jednotlivých vláken, jejichž konce mohou vůči okolí prokluzovat. Prokluzující konce pak přenášejí menší sílu než ostatní neprokluzující části.

2.4.1.4. Vliv migrace vláken

Je dokázáno, že při stejné jemnosti příze může být počet vláken v jejím příčném řezu v důsledku migrace i podstatně menší, než odpovídá modelu souosých šroubovic. Snížený počet vláken je schopen přenést jen úměrně sníženou tahovou sílu. Úseky migrujících vláken svírají s osou příze různě velké úhly, v průměru větší, než odpovídá šroubovicovému uspořádání, při zvětšujícím se úhlu dochází ke snižování využití vlákna při jeho tahovém namáhání.

2.5. Pevnost příze

Pevnost příze zachycuje okamžik destrukce, ke které dojde v nejslabším, nejméně pevném místě zatěžovaného úseku příze. V dlouhém úseku příze lze očekávat, že obsahuje alespoň jedno extrémně málo pevné místo. Proto bude jeho pevnost pravděpodobně velmi malá. Naopak u krátkého úseku je velká naděje, že nebude obsahovat žádné mimořádně nepevné místo. Jeho pevnost bude většinou poměrně velká.

V přízi tvoří vlákna složité prostorové křivky, které jen zhruba připomínají šroubovice. V reálných přízích se vlákna vzájemně proplétají, ohýbají a krotí jedno přes druhé. Při zatěžování příze dochází vedle namáhání vlákna tahem ještě k jeho namáhání ohybovému, torznímu a namáhání příčnými silami. Toto složené namáhání pak přibližuje okamžik destrukce vlákna.

2.5.1. Metody predikce pevnosti příze

Pro výpočet pevnosti příze bylo řadou [11] autorů navrženo mnoho různých empirických vzorců. Jejich funkční tvar, nebo alespoň funkční tvar dílčích částí, bývá často volen ze zjednodušených teoretických úvah. Pro predikci mechanických vlastností vláken a k odhadu kvality příze jsou významné mechanické vlastnosti příze. Většina modelů pro predikci příze je závislá na vlastnostech vláken.

2.5.1.1. Metoda predikce pevnosti dle A. N. Solověva

Je zaveden základní součinnový vztah typu

$$P_{rp} = P_{rv} f_n f_l f_\alpha \eta \quad [\text{Ntex}^{-1}], \quad (20)$$

kde $P_{rv} [\text{Ntex}^{-1}]$ je poměrná pevnost vlákna, $f_n [1]$ charakterizuje vliv počtu vláken v příčném řezu příze, $f_l [1]$ zahrnuje vliv délky vláken a jejich nestejnoměrnosti v délce, $f_\alpha [1]$ vyjadřuje závislost pevnosti příze na zákrutu či přesněji zákrutovém koeficientu a $\eta [1]$ je kvalita strojního parku.

Veličina f_n zahrnuje vliv jemnosti příze a vláken, jakož i vliv počtu vláken v příčném řezu přízí. Solověv pro ni navrhl výraz typu

$$f_n = 1 - CH - K / \sqrt{n} \quad [1], \quad (21)$$

kde $C [1]$ a $K [1]$ jsou vhodné konstanty, $n [1]$ je počet vláken v příčném řezu příze a $H [1]$ charakterizuje technologický proces, zejména z hlediska vzniklé nestejnoměrnosti příze. Počet vláken n je ve shodě se současnou výpočetní praxí aproximován poměrem jemnosti příze T a jemností vlákna t , tedy $n \approx T/t$. U reálných přízí je počet vláken n v průřezu vždy menší, než poměrná jemnost $\tau [1]$.

Veličina f_l zahrnuje vliv délky vláken a jejich nestejnoměrnosti v délce. Podle Solověva lze vyjádřit f_l dvěma vztahy z nichž jednodušší, pro výpočty pevnosti dostačující, je výraz typu

$$f_l = 1 - e/l \quad [1], \quad (22)$$

kde l [mm] je délka vlákna a e [1] je empirická materiálová konstanta (pro bavlnu $e = 5$).

Veličina f_α vyjadřuje závislost pevnosti příze na zákrutu či přesněji zákrutovém koeficientu. Pro její vyjádření konstruoval Solověv z experimentálních údajů empirickou tabulku, která určuje f_α v závislosti na rozdílu užitého Kőchlinova zákrutového koeficientu α a kritického Kőchlinova zákrutového koeficientu α_k . Pro stanovení α_k pak doporučil vztah

$$\alpha_k = (110 - 0,6742F)P_v / l + 56,9 / \sqrt{T} \quad [\text{m}^{-1}\text{ktex}^{1/2}], \quad (23)$$

kde P_v [mN] je pevnost vlákna a T [tex] je jemnost příze.

Pro výpočet pevnosti bavlněných přízí navrhl A. N. Solověv používat následující výrazy

$$f_n = 1 - 0,0375H - 2,65\sqrt{t} / \sqrt{T} \quad [1], \quad (24)$$

kde H [1] je 3,5 až 4 pro příze česané a 4,5 až 5 pro příze mykané a t [tex] je jemnost vlákna.

Veličinu f_l lze vyjádřit dvěma vztahy z nichž jednodušší, pro výpočty pevnosti dostačující, je výraz typu

$$f_l = 1 - 5 / l \quad [1]. \quad (25)$$

Pro f_α zpracoval Solověv tabelované hodnoty, které lze nahradit s uspokojivou přesností aproximačním výrazem

$$f_\alpha = 1 + \delta_\alpha^2 \left\{ 6,67 * 10^{-7} \delta_\alpha - 0,02027 / [179,4 + (\delta_\alpha + 10)^2] - 8 * 10^{-5} \right\} [1], \quad (26)$$

kde δ_α označuje rozdíl užitého Kőchlinova zákrutového koeficientu α [$\text{m}^{-1}\text{ktex}^{1/2}$] a Kőchlinova kritického zákrutového koeficientu α_k

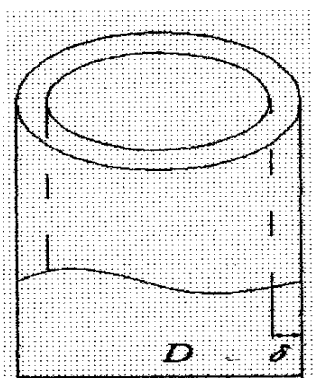
$$\delta_\alpha = \alpha - \alpha_k \quad [\text{m}^{-1}\text{ktex}^{1/2}]. \quad (27)$$

Pro veličinu η platí

$$\eta = 0,95 \div 1,1 \quad [1], \quad (28)$$

přičemž v průměru je $\eta = 1$.

2.5.1.1.1. Hlavní princip odvození koeficientu f_n



Obr. 7: Řez přízí

Ve vztahu pro výpočet koeficientu $f_n = 1 - CH - K/\sqrt{n}$ člen CH charakterizuje nestejnomyšlnost, přičemž C a H jsou materiálové a technologické konstanty.

Vztah $f_n = 1 - K/\sqrt{n}$ byl odvozen na základě zjednodušujících představy, že zaplnění příze je konstantní, ale pevnost přenáší jen jádro. V povrchové vrstvě tloušťky δ dochází k prokluzu vláken, proto tato vrstva tahovou sílu nepřenáší viz. obr. 7.

Poměr ploch řezu celé příze o průměru D ku vnitřní ploše řezu příze (bez povrchové stěny o tloušťce δ) pak vyjadřuje f_n

$$f_n = \frac{\frac{\pi(D - 2\delta)^2}{4}}{\frac{\pi D^2}{4}} \approx \left(1 - \frac{2\delta}{D}\right)^2. \quad (29)$$

Předpokládaná velikost povrchové stěny δ je úměrná velikosti ekvivalentnímu průměru vlákna d . Platí

$$\delta = cd = c\sqrt{4t/\pi\rho_v}, \quad (30)$$

kde ρ_v je měrná hmotnost vlákna a c je konstanta charakteristická pro daný materiál.

Dále platí vztah pro výpočet průměru příze

$$D = \sqrt{\frac{4T}{\pi\mu\rho_v}} = k\sqrt{T}, \quad (31)$$

kde μ je zaplnění příze a konstanta $k = \sqrt{4/\pi\mu\rho_v}$.

Výsledkem dosazení (30) a (31) do (29) je vztah

$$f_n = 1 - \frac{4\delta}{D} = 1 - \frac{4\delta}{k\sqrt{T}} = 1 - \frac{4c\sqrt{4/\pi\rho_v}\sqrt{t}}{k\sqrt{T}} = 1 - K\sqrt{\frac{t}{T}} = 1 - K/\sqrt{n}, \quad (32)$$

kde počet vláken v příčném řezu příze n je aproximován poměrem jemnosti příze T a vlákna t , tedy $n \approx T/t$. Konstanta K představuje souhrnný vliv materiálu.

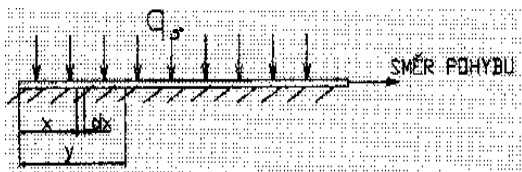
2.5.1.1.2. Hlavní princip odvození koeficientu f_l

Koeficient f_l popisuje vliv délky vláken a jejich nestejnoměrnosti v délce. Odvození je provedeno na základě představy, že vlákno v přízi je zatíženo spojitým zatížením, které pochází od okolních vláken. Je definována třecí síla F_y vytvořená třením konce vlákna délky y

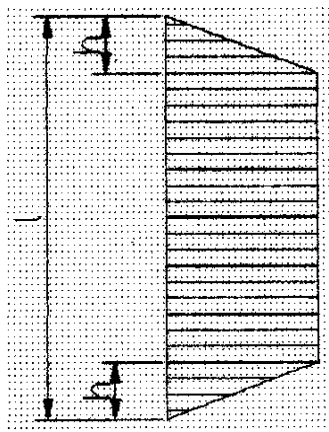
$$F_y = q_s y f, \quad (33)$$

kde q_s je spojitě zatížení, f je koeficient tření, y délka konce vlákna (viz. obr. 8).

Teorie předpokládá, že v důsledku napínání staplové příze dochází k prokluzům konců vláken, a proto síla na koncích vláken klesá. Délka konců je označena h a uvažovaná závislost je lineární viz. obr. 9.



Obr. 8.: Spojité zatížení vlákna



Obr. 9.: Spojité zatížení vlákna
s prokluzujícími konci

Koeficient f_l je vyčíslen jako poměr pevnosti vlákna P_v a střední tahové síly \bar{P}_v , kterou přenáší napjaté vlákno

$$f_l = \frac{\bar{P}_v}{P_v} = \frac{P_v(l_0 - 2h) + \frac{P_v}{2} 2h}{P_v} = \frac{P_v \left[1 - \frac{2h}{l_0} + \frac{h}{l_0} \right]}{P_v} = \frac{P_v \left[1 - \frac{h}{l_0} \right]}{P_v} = 1 - \frac{h}{l_0}. \quad (34)$$

Poměr těchto sil je právě $f_l = 1 - \frac{h}{l_0}$, kde h je materiálová konstanta.

2.5.1.1.3. Hlavní principy odvození koeficientu f_α

Odvození koeficientu f_α je provedeno na základě rozdílu mezi užitým a kritickým zákrutovým koeficientem.

2.5.1.2. Metoda predikce pevnosti dle W. Žurka

Poměrná pevnost příze P_{rp} [N.tex⁻¹] a tažnost příze a_p [%] se vypočítají [13] z parametrů a vlastností vláken a příze podle následujícího postupu.

- Metrický koeficient zákrutu příze α_m

$$\alpha_m = Z \sqrt{\frac{T}{100}} \text{ [m}^{-1}\text{tex}^{1/2}\text{]}, \quad (35)$$

kde $Z \text{ [m}^{-1}\text{]}$ je zákrut příze a $T \text{ [tex]}$ je jemnost příze [tex] .

- Hustota příze ρ_p

$$\rho_p = 560 + 2,8\alpha_m \text{ [kg.m}^{-3}\text{]}. \quad (36)$$

- Intenzita zákrutu κ

$$\kappa = \pi D Z = \sqrt{\frac{125,7}{\rho_p}} \left(\frac{\alpha_m}{100} \right) [1], \quad (37)$$

kde $D \text{ [mm]}$ je průměr příze.

- Ekvivalentní průměr vlákna d se vyjádří ze vztahu

$$d = \sqrt{\frac{4t}{\pi\rho_v}} \text{ [mm]}, \quad (38)$$

kde $t \text{ [tex]}$ je jemnost vlákna a $\rho_v \text{ [kg.m}^{-3}\text{]}$ je hustota vláken.

- Průměr příze D

$$D = \sqrt{\frac{4T}{\pi\rho_p\mu}} \text{ [mm]}, \quad (39)$$

kde $\mu [1]$ je zaplnění příze.

- Redukovaná intenzita zákrutu κ_{red}

$$\kappa_{red} = \kappa \left(1 - 0,5 \frac{d}{D} \right) [1], \quad (40)$$

kde κ [1] je intenzita zákrutu.

- Koeficient seskání s_s

$$s_s = \frac{\ln \sqrt{1 + \kappa_{red}^2}}{\sqrt{1 + \kappa_{red}^2} - 1} \quad [1]. \quad (41)$$

- Koeficient přeměny příze u

$$u = 1,13 - \frac{0,0265}{\kappa_{red}} - 0,124 \sqrt{100 a_p} \quad [1], \quad (42)$$

kde a_p [1] je tažnost příze.

- Tažnost příze a_p (vstupní předpoklad udává tažnost příze rovnou tažnosti vláken)

$$a_p = \sqrt{\left(\frac{1 + a_v}{s_s} \right)^2 - u^2 \kappa_{red}^2} - 1 \quad [1], \quad (43)$$

kde a_v [1] je tažnost vláken.

Vzorec je zpracován iterační metodou. Pak lze výsledek použít při výpočtu koeficientu přeměny příze u .

- Tvarový faktor osy vlákna k_f

$$k_f = \frac{1 + a_p}{u} \quad [1]. \quad (44)$$

- Kritická intenzita zákrutu κ_{krit}

$$\kappa_{krit} = \frac{\kappa}{k_f} \left(1 - \frac{2d}{uD} \right) \quad [1]. \quad (45)$$

- Křivost osy vlákna K_o ve vnější vrstvě příze

$$K_o = (0,5Du - d) \frac{1 + \kappa_{krit}^2}{\kappa_{krit}^2} [1]. \quad (46)$$

- Výrazová funkce z

$$\frac{4K_0}{f(c_T \eta_n l - \lambda)} = \frac{1 - z}{(2z + 1) \ln \left(1 + \frac{1}{2z} \right) - 1}, \quad (47)$$

kde f je koeficient tření vláken ($f = 0,27$), c_T je koeficient technologie (česaná příze má koeficient 1,1 a mykaná 1,0), η_n je stupeň natažení vláken ($\eta_n = 0,9$), l [mm] je délka vlákna, λ [mm] je délka odstávajících konců vlákna ($\lambda = 0,2$) a z je výrazová funkce.

- Délka vláken zakroucených v přízi l_h

$$l_h = \frac{2K_0}{f} \ln \left(1 + \frac{1}{2z} \right) [\text{mm}]. \quad (48)$$

- Specifická intenzita zákrutu κ_s

$$\kappa_s = \kappa \left(1 - \frac{d}{D} \right) [1]. \quad (49)$$

- Výpočet koeficientů pevnosti příze C_Z a D_Z

$$C_Z = \frac{2k_f}{\kappa_s^2} \ln \frac{\sqrt{1,0253\kappa_s^2 + 1} + \sqrt{1,0253\kappa_s^2 + k_f^2}}{\sqrt{0,0253\kappa_s^2 + 1} + \sqrt{0,0253\kappa_s^2 + k_f^2}} [1], \quad (50)$$

$$D_Z = \frac{k_f}{\kappa_s^2} \ln \frac{1,0253\kappa_s^2 + 1}{0,0253\kappa_s^2 + 1} [1]. \quad (51)$$

- Poměrná pevnost příze P_{rp}

$$P_{rp} = (G - M)C_z + MuD_z \quad [\text{N.tex}^{-1}], \quad (52)$$

kde G [1], M [1] a u [1] jsou koeficienty přeměny příze, C_z a D_z jsou koeficienty pevnosti příze.

- Podíl délek q_l

$$q_l = \frac{l_u}{l_h} \quad [1], \quad (53)$$

kde l_u [mm] je upínací délka.

- Poměrná pevnosti příze Q_p podle Pierce

$$Q_p = P_{rp} \left[1 - 3,64v_p \left(1 - q_l^{-1/7} \right) \right] \quad [\text{N.tex}^{-1}], \quad (54)$$

kde v_p [1] je koeficient změny jemnosti příze.

- Parametr podílu sil κ' porušující přízi

$$\kappa' = 2 \frac{P_{rp}}{Q_p} - 1 \quad [1]. \quad (55)$$

- Tažnost příze a_p

$$a_p = a_v \frac{\ln \kappa'}{\kappa' - 1} \quad [\%], \quad (56)$$

kde a_v [%] je tažnost vláken.

2.5.1.3. Metoda predikce pevnosti dle N. Pana

Předpoklady pro predikci [12] [20] [21] pevnosti dle Pana:

- pevnost vláken se vyhodnocuje dle Weibullova rozdělení

- úhly sklonu vláken ve šroubovici mají náhodné rozložení od nuly až k hodnotě povrchu příze, migrace vláken se zde zanedbává
- stupněm zákrutu se nemění pevnost příze
- vlákna jsou zatěžována do přetrhu
- při protažení příze se mění geometrie a rozměry příze, které se zanedbávají.

1. Weibullovo rozdělení pevnosti vláken

- Distribuční funkce Weibullova rozdělení poměrné pevnosti vláken $F(P_{rv})$

$$F(P_{rv}) = 1 - \exp[-l\alpha_y \sigma_y^{\beta_y}], \quad (57)$$

kde l [mm] je délka vláken, β_y [1] je parametr tvaru vlákna, α_y [GPa^{- β_y} /mm] je parametr měřítka.

- Střední hodnota poměrné pevnosti vláken \bar{P}_{rv}

$$\bar{P}_{rv} = (l\alpha_y)^{-\frac{1}{\beta_y}} \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta_y}\right) [\text{N.tex}^{-1}], \quad (58)$$

kde Γ je gama funkce.

- Směrodatná odchylka střední hodnoty poměrné pevnosti vláken $s_{\bar{P}_{rv}}$

$$s_{\bar{P}_{rv}} = \bar{P}_{rv} \left(\frac{\Gamma\left(1 + \frac{2}{\beta_y}\right)}{\Gamma^2\left(1 + \frac{1}{\beta_y}\right)} - 1 \right)^{\frac{1}{2}} [\text{N.tex}^{-1}]. \quad (59)$$

- Pro \bar{P}_{rv} a $s_{\bar{P}_{rv}}$ nalezneme parametr β_y z následujícího výrazu

$$\bar{P}_{rv} \left(\frac{\Gamma \left(1 + \frac{2}{\beta_y} \right)}{\Gamma^2 \left(1 + \frac{1}{\beta_y} \right)} - 1 \right)^{\frac{1}{2}} - s_{\bar{P}_{rv}} = 0 \quad (60)$$

v intervalu $\beta \in \langle 1; 9 \rangle$. Získaný parametr β_y dosadíme do výrazu (60), který má hodnotu (l_0, α_y) .

2. Normální rozdělení pevnosti svazku vláken

Při dostatečně velkém počtu vláken v průřezu příze lze nahradit Weibullovo rozdělení normálním rozdělením. Počet vláken v průřezu musí být větší než 100.

- Distribuční funkce normálního rozdělení poměrné pevnosti svazku vláken $H(P_{rs})$

$$H(P_{rs}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot s_{\bar{P}_{rs}}} \exp \left[-\frac{(P_{rs} - \bar{P}_{rs})^2}{2s_{\bar{P}_{rs}}^2} \right], \quad (61)$$

kde \bar{P}_{rs} [N.tex⁻¹] je střední hodnota poměrné pevnosti svazku vláken a P_{rs} [N.tex⁻¹] je poměrná pevnost svazku vláken.

- Střední hodnota poměrné pevnosti svazku vláken \bar{P}_{rs}

$$\bar{P}_{rs} = (l\alpha_y\beta_y)^{-\frac{1}{\beta_y}} \exp \left[1 - \frac{1}{\beta_y} \right] \text{ [N.tex}^{-1}\text{]}. \quad (62)$$

- Směrodatná odchylka střední hodnoty poměrné pevnosti svazku vláken $s_{\bar{P}_{rs}}$

$$s_{\bar{P}_{rs}} = (l\alpha_y\beta_y)^{-\frac{2}{\beta_y}} \exp \left(-\frac{1}{\beta_y} \right) \left(1 - \exp \frac{1}{\beta_y} \right) N_y^{-1} \text{ [N.tex}^{-1}\text{]}, \quad (63)$$

kde N_y [1] je počet vláken v řezu svazku.

- Úhel zakrouceného svazku vláken q_T dle Hearle

$$q_T = \arctg\left(10^{-3}\alpha\sqrt{\frac{40\pi}{\rho_v V_v}}\right) \text{ [rad]}, \quad (64)$$

kde ρ_v [kg.m⁻³] je hustota vláken, V_v [1] je objemový podíl vláken a α [tex.cm⁻¹] je zákrutový koeficient.

- Zákrutový koeficient α

$$\alpha = \sqrt{T}Z \text{ [tex.cm}^{-1}\text{]}, \quad (65)$$

kde T [tex] je jemnost příze a Z [cm⁻¹] je zákrut příze.

- Objemový podíl vláken V_v

$$V_v = 0,7 - (1 - 0,78 \exp(-0,195\alpha)) \text{ [1]}. \quad (66)$$

- Úhel β vypočteme z intenzity zákrutu $tg\beta$ ($tg\beta = \kappa$) ze vztahu

$$\beta = \arctg(\pi DZ) = \arctg\left(\pi Z \sqrt{\frac{4T}{\pi \mu \rho_v}}\right) = \arctg\left(Z \sqrt{T} \sqrt{\frac{4\pi^2}{\pi \mu \rho_v}}\right) = \arctg\left(\alpha \sqrt{\frac{4\pi}{\mu \rho_v}}\right) \text{ [rad]} \quad (67)$$

kde μ [1] je zaplnění.

- Poissonův poměr zakrouceného svazku vláken v_{lt}

$$v_{lt} = \frac{\sin^2 q_T}{2(1 - \cos^3 q_T) \left(\frac{1}{2q_T} - \frac{1}{4} \sin q_T \right)} \text{ [1]}. \quad (68)$$

- Parametr orientace vláken η_q

$$\eta_q = \frac{2q_T(1 - \nu_{lt}) + (1 + \nu_{lt})\sin 2q_T}{4q_T} \quad [1]. \quad (69)$$

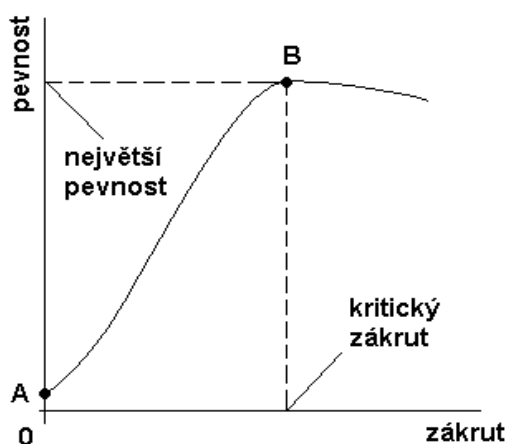
- Střední hodnota relativní pevnosti příze \bar{P}_{rp}

$$\bar{P}_{rp} = V_v \eta_q \bar{P}_{rs} \quad [\text{N.tex}^{-1}]. \quad (70)$$

- Směrodatná odchylka střední hodnoty pevnosti příze $s_{\bar{P}_{rp}}$

$$s_{\bar{P}_{rp}} = V_v \eta_q s_{\bar{P}_{rs}} \quad [1]. \quad (71)$$

2.5.2. Vztah mezi pevností a zákrutem příze



Obr. 10.: Závislost mezi pevností a zákrutem příze

Vztah mezi pevností a zákrutem příze [2] byl v minulosti předmětem studia řady autorů. Typický graf této závislosti uvedl např. již v minulém století E. Müller, později O. Johansen a mnozí další.

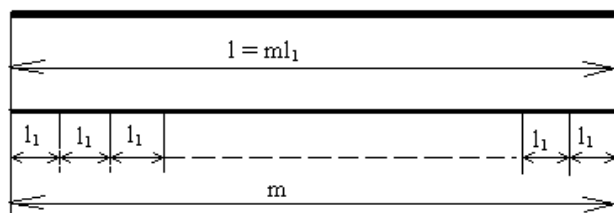
Schéma závislosti je na obr. 10. Jistou nepatrnou pevnost vykazuje již svazek nezakroucených vláken (bod A). S přirůstajícím zákrutem se pevnost příze zvětšuje. V bodě B má sledovaná křivka maximum, které charakterizuje největší

dosažitelnou pevnost příze. Odpovídající hodnota zákrutu je tzv. kritickým zákrutem příze. U vyšších zákrutů křivka nejprve mírně, později však již výrazně klesá.

Jistá minimální hodnota pevnosti při nulovém zákrutu je výsledkem přirozené soudržnosti vlákenného materiálu. Růst křivky v úseku AB je všeobecně vysvětlován mechanismem mezivláknenného tření. Při nízkých hodnotách zákrutu mohou totiž mnohá vlákna prokluzovat. Rostoucí zákrut způsobí stlačení a lepší sevření vláken, což

možnosti prokluzů stále více omezuje. Větší zákrut je však provázen i větším sklonem vláken k ose příze, což má za následek méně příznivé geometrické poměry při rozkladu sil ve vláknech. Nárůst pevnosti se proto zpomaluje a za kritickým zákrutem pevnost v důsledkem tohoto mechanismu klesá.

2.5.3. Vliv upínací délky na pevnost příze



Obr. 11.: Náhodné rozložení různě silných a pevných míst

Obecně je možné očekávat, že s růstem délky příze, tj. s růstem upínací délky na trhacím přístroji, bude klesat zjišťovaná průměrná pevnost.

Výskyt a rozmístění slabých, nepevných míst je náhodné.

Na obr. 11. je znázorněn úsek příze délky l , složený z n kratších úseků délky l_1 . Platí

$$l = nl_1 ; n = l/l_1 . \quad (72)$$

Každý úsek l_1 má nějakou hodnotu pevnosti P . Rozložení těchto pevností je popsateľné vhodnou frekvenční funkcí $f_1(P)$ nebo distribuční funkcí $F_1(P) = \int_0^P f_1(P)dP$, kde

definičním oborem pevnosti je interval $P \in \langle 0; \infty \rangle$.

Pravděpodobnost, že pevnost náhodně vybraného úseku délky l_1 bude větší než P , je $1 - F_1(P)$. Má – li být pevnější než P celý velký úsek délky l , musí být pevnější než P všechny úseky l_1 v něm obsažené. Pokud je možné přijmout předpoklad, že pevnosti jednotlivých úseků l_1 jsou vzájemně statisticky nezávislé, pak pravděpodobnost, že celý úsek l je pevnější než P , je dána výrazem $[1 - F_1(P)]^n$. Současně se však jedná o pravděpodobnost $1 - F(P)$. Platí tedy $1 - F(P) = [1 - F_1(P)]^n$ a z toho vyplývá

$$F(P) = 1 - [1 - F_1(P)]^n . \quad (73)$$

Derivováním pak vznikne

$$f(P) = nf_1(P)[1 - F_1(P)]^{n-1} = nf_1(P) \left[1 - \int_0^P f_1(P) dP \right]^{n-1}. \quad (74)$$

Rovnice (73) a (74) charakterizují rozložení pevnosti úseků délky l prostřednictvím rozložení pevnosti úseků délky l_1 .

3. Experimentální část

Cílem této práce bylo predikovat pevnost bavlněné příze podle modelů Solověva, Žurka a Pana, porovnat je s experimentálně zjištěnou pevností příze, s Uster statistikou a ověřit citlivost uvedených modelů na změnu vstupních charakteristik. Modely pro predikci pevnosti jsou závislé na vlastnostech vláken a příze, proto bylo nutné naměřit jejich základní charakteristiky potřebné pro výpočet pevnosti příze. Mezi charakteristiky důležité pro predikci pevnosti těchto modelů patří délka, jemnost, pevnost a tažnost vláken dále jemnost a zákruty příze. Pro vlákna a přízi byla zjišťována deformační práce, dále moduly pružnosti, byly digitalizovány průměrné tahové pracovní křivky vláken a modelovány tahové pracovní křivky příze.

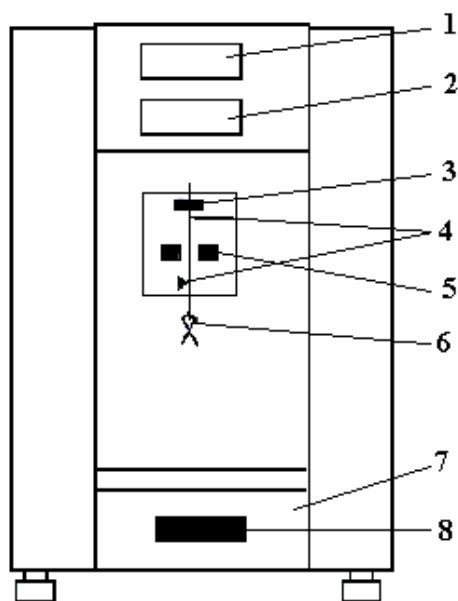
Experimenty byly provedeny na bavlněných přízích kompaktních jmenovitých jemností 7,4; 11,8 a 20 tex a prstencových jmenovitých jemností 7,4; 10; 11,8; 14,5; 16,5; 20; 25 a 29,5 tex, které byly vypředeny za určitých technologických a materiálových podmínek. Příze prstencové a kompaktní jmenovitých jemností 7,4; 11,8 a 20 tex byly dodány od stejného výrobce. Mykané příze měly jemnost 25 a 29,5 tex, ostatní použité příze byly česané.

Od každého druhu příze byly k dispozici pouze dva náviny. Při provádění experimentů je normou ČSN 80 2120 určeno provést dvoustupňový výběr, např. pro hmotnost vypřádané partie do 1000 kg, vybrat 2 balení a z každého balení 10 návínů a z těchto návínů provádět počty zkoušek uvedené normami [14] [15] [16] [17] [18]. Je zřejmé, že tato podmínka nemohla být splněna. Proto mohou být výsledky mírně zkresleny, přesto mnohé o pevnosti bavlněné příze vypovídají.

3.1. Použité experimentální metody

3.1.1. Stanovení jemnosti vláken

Jemnost elementárního vlákna byla měřena vibroskopickou metodou na přístroji Vibroskop 400 uvedený na obr. 12. Měření jemnosti na tomto přístroji je založeno na principu volné vibrace vlákna. Vláknem kmitá vynucenou vlastní frekvencí vlivem elektrostatických sil. Frekvence kmitání jednotlivých předepjatých vláken je snímána opticko-elektronickým systémem. Podle frekvence a předpětí vláken je automaticky stanovena délková hmotnost (jemnost) vláken v [dtex]. Vláknem musí být opatřeno vhodným předpětím s ohledem na jemnost. Přístroj je spojen s dynamometrem Vibrodyn 400 a oba dva jsou napojeny na počítač, jehož software umožňuje statistické vyhodnocení jemnosti, pevnosti, tažnosti a poměrné pevnosti [cN/tex], [cN/den] zároveň se zobrazením pracovních křivek vláken. Naměřená jemnost vláken je uvedena v grafech 1 – 3 v příloze 1.



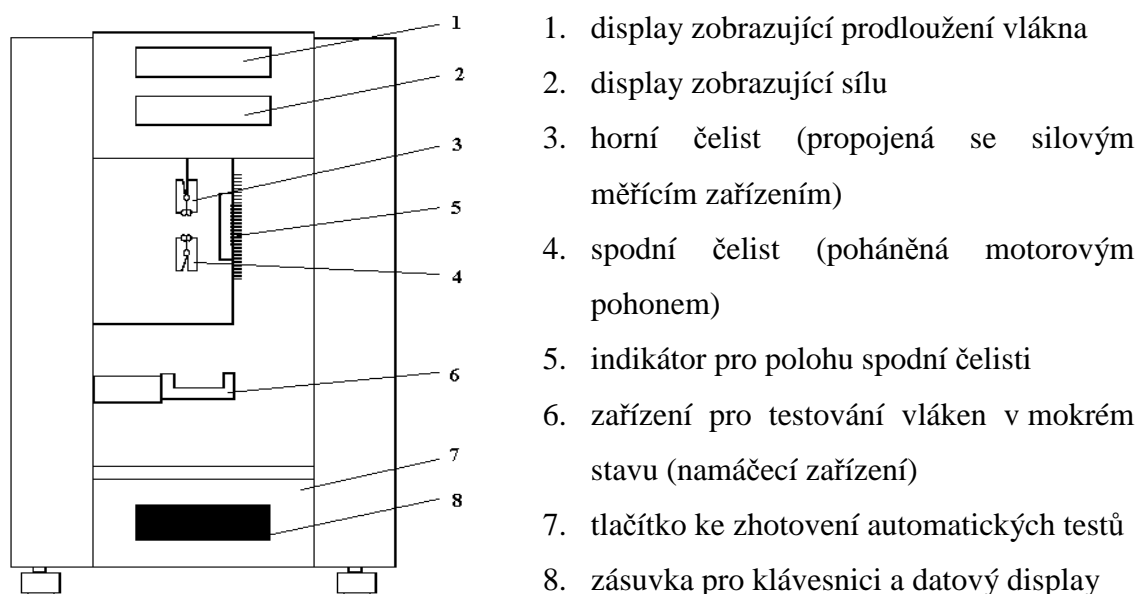
1. display zobrazující předpětí
2. display zobrazující jemnost vlákna
3. čelisti
4. hranice pro délku vibrujících vláken
5. elektrody způsobující vibraci vlákna
6. předpětí
7. tlačítko pro zahájení měření
8. zásuvka pro klávesnici a display

Obr. 12.: Vibroskop 400

3.1.2. Stanovení pevnosti vláken

Pevnost vláken byla měřena na přístroji Vibrodyn 400 viz obr. 13, který pracuje na principu dynamometru s konstantním přírůstkem deformace. Při tomto měření jsou

vlákna vybírána z rozvolněné příze a upevňována do čelistí přístroje. Horní čelist je uložena pevně a spojena se zaměřením na měření síly. Spodní čelist je posuvná, vrací se po každém měření do původní polohy. Na vlákno musí být předem zavěšeno předpětí s ohledem na jeho zjištěnou jemnost. Přístroj umožňuje základní statistické zpracování dat pevnosti a tažnosti a dále zobrazuje pracovní tahové křivky jednotlivých vláken. Je propojen s přístrojem Vibroskop 400, což je patrné z obr. 2. v příloze 4. Poměrná pevnost vláken je uvedena v grafech 7 – 9 v příloze 1 a tažnost vláken v grafech 4 – 6 v příloze 1.



Obr. 13.: Vibrodyn 400

Pevnost a tažnost vláken byla měřena podle parametrů v tab. 1.

předpětí [mg]	100
upínací délka [mm]	10
rychlost příčnicku [mm/min]	20

Tab. 1.: parametry měření pro pevnost a tažnost vláken

3.1.3. Digitalizace průměrné tahové křivky vláken

Přístroj Vibrodyn 400, na kterém byla měřena poměrná pevnost vláken zatím nebyl vybaven softwarem na vykreslení průměrných tahových pracovních křivek. Jeho nedostatkem je digitalizace dat tvořící tahovou křivku, tzn. neumí zjistit souřadnice x

(tažnost) a y (poměrná pevnost vlákna) jednotlivých bodů představující právě tuto křivku, tudíž i export křivky do programů Microsoft Office. Proto byla tahová křivka vytisknuta z tiskárny nainstalované k počítači, který je připojen k přístroji Vibrodyn 400, poté byla naskenována a převedena do formátu tif, tímto byla získána křivka v podobě objektu. K převedení objektu na digitalizovanou křivku byl použit systém Lucia.

Měření na systému Lucia začíná kalibrací systému, což má klíčový význam pro měření. Přiřazuje objektům jejich reálný rozměr v reálných jednotkách. Nejmenší digitalizovaný element obrazu, nazývaný pixel, odpovídá obdélníku v rovině vzorku. Hovoříme potom o skutečné velikosti x a y pixelu. Kalibrace se skládá z kalibrační konstanty a poměru os . Kalibrační konstanta představuje skutečnou horizontální velikost pixelu ve vybraných jednotkách. Určí se během kalibrace pomocí horizontálního měřítka. Poměr os je koeficient, který definuje poměr mezi skutečným horizontálním a vertikálním rozměrem pixelu. Pro toto měření byl použit binární obraz, který se používá pro měření tvaru a velikosti, má dvě možné hodnoty, 0 pro pozadí a maximální hodnotu 1 pro objekty.

Objekt křivky byl načten do systému Lucia ve formátu tif. Na křivce bylo vyznačeno přibližně 100 bodů, každý bod byl určen souřadnicemi x a y . Objektové měření provádí systém příkazem „změřit objekty v poli“, výsledkem jsou hodnoty veličin (příznaků) pro jednotlivé objekty, tzn. tímto byly zjištěny přesné souřadnice x a y všech vyznačených bodů v křivce. Měřicí rámeček je dalším důležitým parametrem. Vyznačené body, které se dotýkají levého nebo dolního okraje rámečku nejsou zahrnuty do statistiky. Naměřená data byla exportována do schránky, která byla užitečná při použití tabulkového procesoru MS Excel, kde byly vytvořeny digitalizované průměrné tahové křivky vláken, které jsou uvedeny v grafech 1 a 2 v příloze 3.

3.1.4. Deformační práce vláken

K určení deformační práce vláken byla vypočtena plocha pod průměrnou tahovou křivkou a to pomocí určitého integrálu v programu Mathcad.

Všemi hodnotami tažnosti v závislosti na poměrné pevnosti vláken byl proložen polynom k -tého řádu, který je možné považovat za průměrnou tahovou křivku. Ke zjištění deformační práce byla tahová křivka sestrojena jako závislost pevnosti $[N]$ na tažnosti $[\%]$. K vypočtení deformační práce $[J]$ bylo nutné v závěru výpočtu převést

tažnost [%] na protažení [mm]. Vypočtené hodnoty deformační práce vláken jsou uvedeny v grafech 5 – 7 v příloze 3.

3.1.5. Modul pružnosti vláken

Modul pružnosti vláken E_v byl vypočten ze vztahu

$$E_v = \frac{F_{rv}}{\varepsilon_v}, \quad (75)$$

kde F_{rv} je poměrná pevnost vlákna a ε_v je protažení vlákna. Modul pružnosti vláken je uveden v grafech 11 – 13 v příloze 3.

3.1.6. Stanovení délky vláken

Délka vláken byla měřena dle normy ČSN 80 0201. Vlákná byla měřena jednotlivě ve vyrovnaném, ne však napnutém stavu na desce potažené sametem pomocí délkového měřidla s mm dělením. Hodnoty naměřených délek vláken jsou uvedeny v grafech 10 – 12 v příloze 1.

3.1.7. Stanovení zákrutu příze

Zákruty příze byly stanoveny podle ČSN 80 0701 metodou nepřímou. Při této metodě je příze upnuta do otočné čelisti zákrutoměru a pevné čelisti napínače, přístroj se uvede do pohybu podle směru zákrutů, aby se příze rozkrucovala. Bez přerušení pohybu přístroje následuje zakrucování příze v opačném směru zákrutů. Zkouška je ukončena, když se napínač vrátí do nulové polohy. Zákruty přízí jsou uvedeny v grafech 13 – 15 v příloze 1.

3.1.8. Stanovení jemnosti příze

Jemnost příze byla měřena podle normy ČSN 80 0702. Podstata zkoušky spočívá ve zjištění hmotnosti předepsané délky příze. Podle normy je doporučováno provést z každého návínu dvě zkoušky, při délce pásma 100 m.

3.1.9. Stanovení pevnosti a tažnosti příze

Pevnost a tažnost příze byla hodnocena podle ČSN 80 0700 (identická s normou EN ISO 2026). Měření bylo provedeno na přístroji Instron 4411, který je zobrazen na obr. 3. v příloze 4. Přístroj je určen k zjišťování mechanických vlastností délkových a plošných textilií. Lze realizovat jednoosé namáhání tlakem, tahem a ohybem. Zjišťování pevnosti a tažnosti je destruktivní zkouškou. Při této zkoušce se zjišťuje tržná síla nitě, která je definována jako maximální síla působící na vzorek, při níž dojde k přetrhu. Podle normy se tržná síla nitě udává v [cN]. Dále bylo stanoveno prodloužení při přetrhu (tažnost) udávané v procentech původní jmenovité délky, které je definované jako přírůstek délky vzorku vyvolaný tržnou silou. Pevnost příze je možno uvádět jako poměrnou, tzn. vztaženou na jemnost příze v jednotkách [cN/tex]. Poměrná pevnost příze je uvedena v grafech 19 – 21 v příloze 1 a tažnost příze v grafech 16 – 18 v příloze 1.

Pevnost a tažnost příze byla měřena podle parametrů v tab. 2.

předpětí [N]	0,037 – 0,14
upínací délka [m]	0,5
rychlost přičníku [mm/min]	50 – 100

Tab. 2.: Parametry měření pro pevnost a tažnost příze

3.1.10. Sestrojení průměrné tahové křivky příze

K sestrojení průměrných tahových křivek příze byly použity veškeré informace z [5]. Pro každou ze zkoušených přízí bylo provedeno přibližně 50 měření. Z každé jednotlivé zkoušky byla získána hodnota síly při přetrhu v [N] a protažení v [mm] a hodnoty pro sestrojení příslušné tahové křivky (tzn. závislost síly na protažení).

Přístroj Instron poskytuje jednotlivé tahové křivky jako soubory souřadnic napětí – protažení. Souřadnice protažení jednotlivých křivek nejsou stejné, proto byla pro sestrojení průměrné tahové křivky použita regrese. Všemi hodnotami napětí – protažení byl proložen polynom k-tého řádu, který je možné považovat za průměrnou tahovou křivku. Regrese byla provedena v programu Matlab, který má pro regresi funkci, která prokládá body křivkou podle kritéria nejmenších čtverců.

Výstupními soubory Instronu obsahující data pro sestrojení tahových křivek a s výslednými hodnotami pevnosti a protažení jsou soubory s příponou .mrd, .mad (data tahové křivky), .asc, .rep (hodnoty pevnosti a tažnosti příze). Matlab pracuje s maticemi, tzn. že vyžaduje v každém sloupci stejný počet řádků. Tyto matice mohou být uloženy v textových souborech (*.txt). Data z přístroje Instron je proto nutné pro Matlab nejprve formálně připravit. Je zřejmé, že skutečné tahové křivky jsou různě dlouhé (jako je i rozdílná pevnost a tažnost při každé zkoušce), není tedy zjištěn stejný počet řádků v každém sloupci dat. Proto byly tahové křivky „uříznuty“ na poslední hodnotě, kde se ještě vyskytovaly všechny křivky.

Výstupní data z přístroje Instron pro sestrojení tahové křivky nejsou v základních jednotkách, musely být převedeny na jednotky SI.

Vstupní soubory byly pro program Matlab z formátu *.rep převedeny do formy textových souborů a to tak, že hodnoty protažení nebo zatěžující síly všech tahových křivek jedné příze tvoří jeden soubor. Tahová křivka je sestrojena jako závislost poměrné pevnosti [cN/tex] na tažnosti [%], přepočet na tyto jednotky je proveden přímo v m-file, který je uveden v příloze 4 jako obr. 4. Průměrné tahové křivky jsou uvedeny v grafech 3 a 4 v příloze 3.

3.1.11. Deformační práce příze

Pro určení deformační práce příze byl použit stejný postup jako v kapitole 3.1.4. Deformační práce příze je uvedena v grafech 8 – 10 v příloze 3.

3.1.12. Modul pružnosti příze

Modul pružnosti příze E_p byl vypočten ze vztahu

$$E_p = \frac{F_{rp}}{\varepsilon_p}, \quad (76)$$

kde F_{rp} je poměrná pevnost příze a ε_p je protažení příze. Modul pružnosti příze je uveden v grafech 14 – 16 v příloze 3.

Počáteční modul pružnosti příze byl vypočten derivací polynomu k-tého řádu v počátku, který byl proložen hodnotami tažnosti v závislosti na poměrné pevnosti příze. Počáteční modul pružnosti příze je zaznamenán v grafech 17 – 19 v příloze 3.

3.1.13. Citlivost modelů na změnu vstupních charakteristik

Citlivost udává procentuelní odchylku mezi predikovanou poměrnou pevností příze P_{rpp} a experimentálně zjištěnou poměrnou pevností příze P_{rpe} .

$$Citlivost = \frac{P_{rpp} - P_{rpe}}{P_{rpe}} \cdot 100 \text{ [\%]}. \quad (77)$$

Na predikované pevnosti příze podle Solověva, Žurka a Pana byla vždy měněna jedna ze vstupních charakteristik podle intervalů uvedených v tab. 4., z kterých byla hodnocena citlivost.

Příklad hodnocení citlivosti je uveden pro česanou prstencovou přízi o jemnosti 20 tex, pro její hodnocení je potřeba znát naměřené střední hodnoty uvedené v tab.3. Pro ověření citlivosti modelů na délku vláken byla měněna délka podle intervalu v tab. 4., ostatní hodnoty byly dosazovány do vzorců pro predikci konstantně dle tab.3. Takto predikované hodnoty pevnosti příze byly dosazeny do vztahu (77) a zaneseny do grafu 1. Ostatní grafy jsou uvedeny v příloze 2 v grafech 3 – 7.

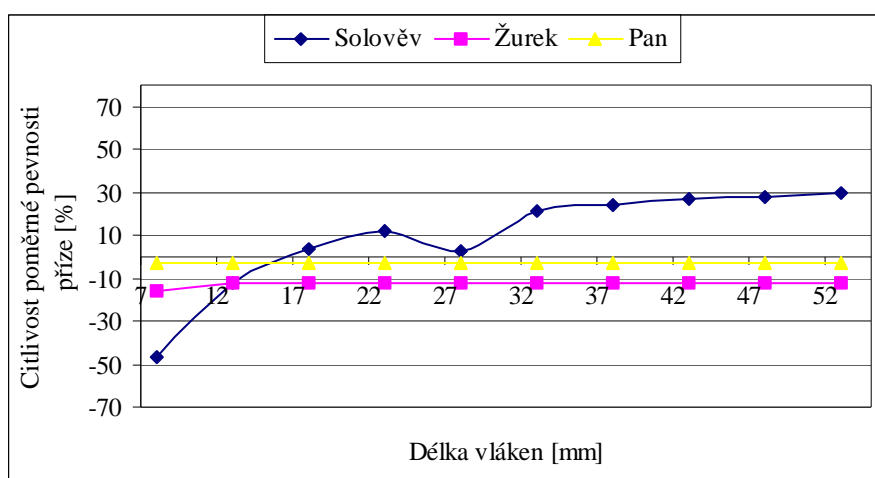
vstupní charakteristika	délka vláken [mm]	jemnost vláken [tex]	hustota vláken [kg/m ³]	pevnost vláken [cN/tex]	tažnost vláken [%]	jemnost příze [tex]	zákrut příze [1/m]
střední hodnota	17,87	1,62	1520	26,46	5,66	20,07	837

Tab. 3.: Naměřené vstupní charakteristiky

změněné vstupní charakteristiky	délka vláken [mm]	jemnost vláken [tex]	pevnost vláken [cN/tex]	tažnost vláken [%]	jemnost příze [tex]	zákrut příze [1/m]
1	8	0,1	15	3	5	760
2	13	0,13	18	3,5	8	820

3	18	0,16	21	4	11	880
4	23	0,19	24	4,5	14	940
5	28	0,22	27	5	17	1000
6	33	0,25	30	5,5	20	1060
7	38	0,28	33	6	23	1120
8	43	0,31	36	6,5	26	1180
9	48	0,34	39	7	29	1240
10	53	0,37	42	7,5	30	1300

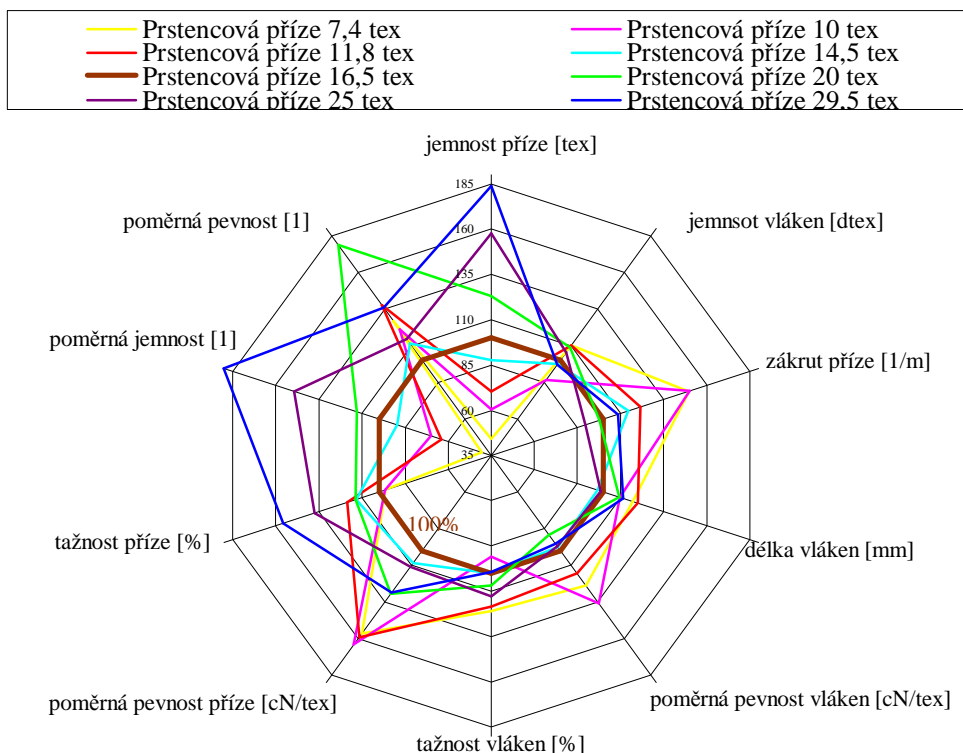
Tab. 4.: Intervaly pro hodnocení citlivosti



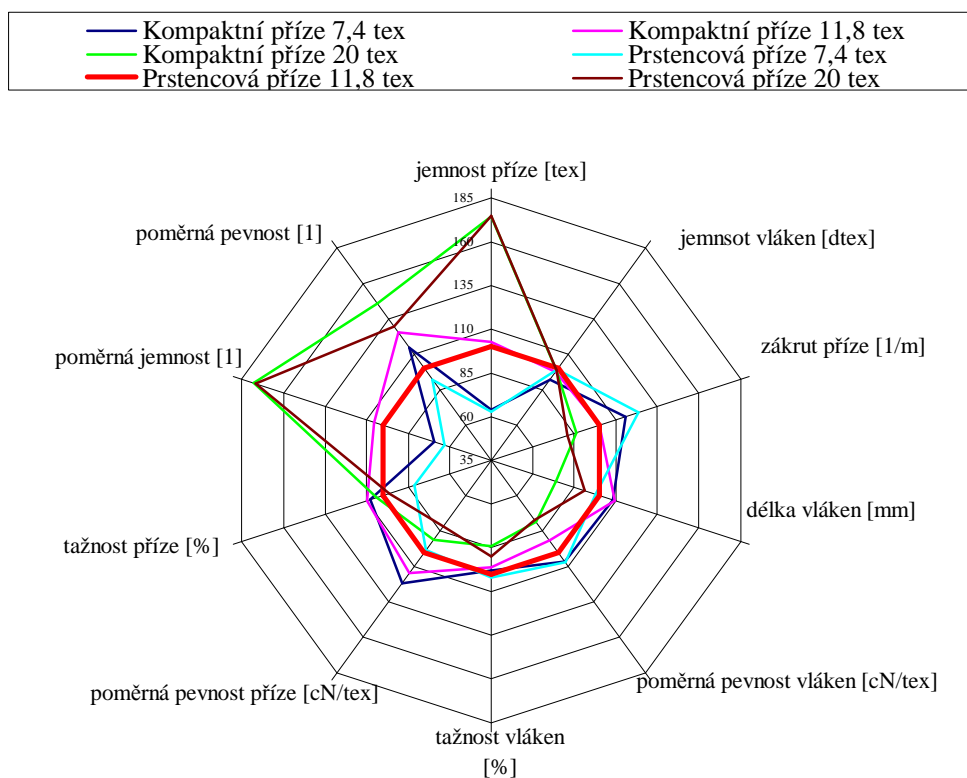
Graf 1: Citlivost poměrné pevnosti příze na délku vláken

3.1.14. Predikce poměrných pevností příze podle modelů Solov'eva, Žurka a Pana

Pro predikci pevnosti podle modelů Solov'eva viz. kap. 2.5.1.1, Žurka viz. kap. 2.5.1.2. a Pana viz. kap. 2.5.1.3. bylo potřebné znát následující výchozí veličiny: poměrnou pevnost vláken, tažnost vláken, jemnost vláken, jemnost příze, délku vláken, zákrut příze a koeficient tření. Výjimku tvořil model Pana, ve kterém bylo navíc nutné použít hustotu vláken a variační koeficient tažnosti vláken. Výchozí veličiny byly dosazovány do m-file, z nichž programem Matlab byla vypočtena predikovaná poměrná pevnost příze, která je uvedena v grafech 1 a 2 v příloze 2. V paprskovém grafu 2 jsou orientačně porovnány veškeré vstupní naměřené veličiny prstencových přízí získaných od různých výrobců, v grafu 3 jsou porovnány vstupní veličiny prstencových a kompaktních přízí dodaných od stejného výrobce.



Graf 2.: Vstupní veličiny prstencových přízí dodaných různými výrobci



Graf 3.: Vstupní veličiny prstencových a kompaktních přízí dodané stejným výrobcem

3.1.15. Uster statistika

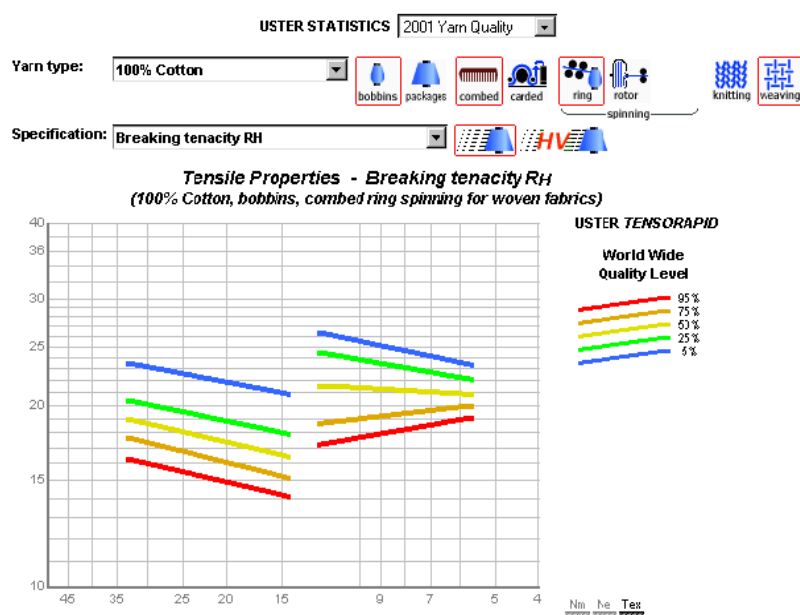
Experimentálně zjištěné pevnosti a tažnosti, predikované pevnosti podle výše uvedených modelů všech druhů přízí byly porovnávány s hodnotami Uster statistiky, viz. grafy 8 – 9 v příloze 2.

Jako při každém hodnocení určité vlastnosti, tak i v případě pevnosti a tažnosti je nutno mít vedle možnosti vlastního zjištění charakteristické hodnoty ještě možnost porovnání zjištěných hodnot podle určitých norem – standardů. Novější koncepce standardů přízí je dána v podstatě roztríděním pevnosti a tažnosti do více tříd. Jedná se o tzv. systém Uster – Statistic [19].

Jednotlivé třídy jsou vymezeny mírami, které uvádějí četnost v (%) výskytu přízí s pevností a tažností nejvýše rovné hodnotě z diagramu.

Diagram obsahuje křivky: 5%, 25%, 50%, 75% a 95% viz. obr. 13. Křivka 50% odpovídá statistické regresní křivce všech naměřených hodnot a představuje tak jejich střední hodnotu. Diagramy standardních hodnot vlastně umožňují třídění pevnosti a tažnosti dané příze v poměru k většině na trhu se vyskytujících se přízí stejného typu a jemnosti.

Např. na 5%-ní křivce pro prstencovou přízi o jemnosti 7,4 tex odečteme hodnotu pevnosti 23,4 cN/tex a hodnotu tažnosti 5,6%. To znamená, že pouze 5% přízí tohoto druhu na trhu dosahuje maximálně pevnosti 23,4 cN/tex a tažnosti 5,6%.



Obr. 14.: Systém Uster statistiky

3.2. Diskuse

3.2.1. Porovnání základních naměřených charakteristik vláken

V grafu 9 v příloze 1 lze porovnat hodnoty poměrných pevností vláken od stejného výrobce naměřených na Vibrodynu. Hodnoty poměrných pevností vláken příze 20 tex jsou lehce snižené oproti ostatním hodnotám, mezi kterými nejsou statisticky významné rozdíly.

V grafu 7 v příloze 1 jsou porovnány hodnoty poměrných pevností vláken prstencových přízí dodaných od různých výrobců, mezi naměřenými hodnotami jsou statisticky významné rozdíly. Je zřejmé, že příze nejsou vypředeny ze stejných materiálů.

V grafu 2 v příloze 3 jsou vyneseny poměrné pevnosti vláken v závislosti na tažnosti vláken u souboru přízí dodaných od stejného výrobce, tahová křivka vláken kompaktní příze 7,4 tex vykazuje nejstrmější růst, nejméně strmý růst je zřejmý z křivky vláken prstencové příze 20 tex, trendy křivek vláken těchto přízí mají podobný růst, což by mohlo vypovídat o stejném materiálu, z kterého mají být příze vyrobeny.

V grafu 1 v příloze 3 jsou zobrazeny trendy tahových pracovních křivek vláken prstencových přízí od různých výrobců, nejstrmější růst je zaznamenán u křivky vláken 10 tex, vlákna této příze dosáhla i nejvyšší hodnoty poměrné pevnosti. Nejméně strmého růstu dosáhla křivka vláken příze 20 tex, u kterých byla naměřena i nejnižší hodnota poměrné pevnosti.

Vnesená chyba, která mohla nastat při digitalizaci křivek se neodrazila na souřadnicích (tažnosti a poměrné pevnosti vláken) tahových pracovních křivek, jelikož odpovídají průměrným naměřeným hodnotám, ale mohla nastat u strmosti křivek, což je zapříčiněno postupem měření viz. kap. 3.1.3.

Z grafu 6 z přílohy 1 lze zjistit průměrné hodnoty tažností vláken přízí dodaných stejným výrobcem. Mezi průměrnými hodnotami tažností vláken nejsou statisticky významné rozdíly, hodnoty leží vzájemně v konfidenčních intervalech.

V grafu 4 v příloze 1 jsou porovnány hodnoty tažností vláken prstencových přízí dodaných od různých výrobců, mezi naměřenými hodnotami jsou statisticky významné rozdíly. Je zřejmé, že příze nejsou vypředeny ze stejných materiálů.

V grafu 3 v příloze 1 jsou vyneseny hodnoty jemností vláken přízí od stejného výrobce získaných vibroskopickou metodou, mezi průměrnými hodnotami nejsou

statisticky významné rozdíly, hodnoty leží vzájemně v konfidenčních intervalech. Výrobce uvádí, že příze mají být vypředeny ze stejného materiálu, což odpovídá naměřeným výsledkům.

Z grafů 1 v příloze 1 lze porovnat jemnosti vláken u všech měřených prstencových přízí, které nejsou od stejného výrobce. Mezi průměrnými hodnotami jemností nejsou statisticky významné rozdíly, hodnoty leží vzájemně v konfidenčních intervalech, výjimkou je prstencová příze 10 tex, která má významně nižší jemnost vláken.

V grafu 12 v příloze 1 jsou vyneseny hodnoty délek vláken u přízí od stejného výrobce. Délky vláken kompaktní příze 20 tex jsou významně nižší než délky vláken ostatních přízí, u ostatních hodnot délek vláken nebyly zaznamenány významné statistické rozdíly.

Graf 10 v příloze 1 popisuje délku vláken prstencových přízí, které nebyly dodány od stejného výrobce. Střední hodnoty délek vláken jsou statisticky rozdílné, pouze některé z nich spadají do stejných konfidenčních intervalů.

Nepřesnosti u naměřených délek vláken mohly být způsobeny zvolením méně vhodné metody nebo také porušením vláken technologií výroby, délka vláken by měla být měřena přímo ze suroviny.

3.2.2. Pevnost a tažnost příze

V grafu 21 v příloze 1, jsou porovnány průměrné hodnoty poměrných pevností kompaktních a prstencových přízí od stejného výrobce.

Kompaktní příze jemnosti 7,4 tex byla vypředena o 6,2% nižším zákrutem než příze prstencová stejné jemnosti, v tomto případě je poměrná pevnost kompaktní příze o 4 cN/tex vyšší. Kompaktní příze jemnosti 11,8 tex oproti prstencové přízi o stejné jemnosti má o 2,7 cN/tex větší poměrnou pevnost, tyto příze byly vypředeny se stejným zákrutem. Kompaktní příze jemnosti 20 tex má o 1,61 cN/tex vyšší poměrnou pevnost oproti prstencové přízi stejné jemnosti, zde byla prstencová příze vypředena se zákrutem o 6,5% vyšším.

Výrobce kompaktních přízí uvádí jejich pevnost průměrně o 2 cN/tex vyšší oproti přízím prstencovým. Kompaktní příze je možno vyrábět s nižším zákrutem při zachování stejné pevnosti jako mají prstencové příze při vyšším zákrutu. Zvýšený rozdíl pevností kompaktních přízí oproti prstencovým o jemnostech 7,4 a 11,8 tex může být zapříčiněn uspořádáním vláken v přízi, vyšší pevností vláken nebo také delšími vlákny.

Celkově mezi poměrnou pevností vláken nejsou statisticky významné rozdíly, které nejsou zaznamenány ani u délky vláken přízí o jemnostech 7,4 a 11,8 tex. Je tedy možné tvrdit, že vlákna jsou v kompaktní přízi paralelněji uspořádána, což vede k většímu využití jejich pevností.

Z grafu 19 v příloze 1, je možno zhodnotit poměrné pevnosti všech prstencových přízí dodané od různých výrobců. Nejvyšší poměrné pevnosti dosáhla prstencová příze jemnosti 10 tex, u které byla naměřena i nejvyšší poměrná pevnost vláken. Nejnižší poměrné pevnosti dosáhla prstencová příze jemnosti 16,5 tex, která byla vypředena v porovnání s nejpevnější přízí se zákrutem o 33,3 % nižším a s poměrnou pevností vláken o 26,3 % nižší, právě tyto dvě veličiny mohly výrazně ovlivnit pevnost příze. Délka vláken těchto dvou přízí se výrazně statisticky neliší.

Graf 18 v příloze 1 zobrazuje tažnost přízí od stejného výrobce, všechny kompaktní příze vykazují větší tažnost než prstencové. Při jemnosti 7,4 tex je rozdíl v tažnosti mezi přízemi 24,8%, při jemnosti 11,8 tex je rozdíl v tažnosti 8,8% a při jemnosti 20 tex je tento rozdíl 7,5%.

Graf 16 v příloze 1 znázorňuje tažnosti prstencových přízí, které nebyly vyrobeny se stejné suroviny. Nejvyšší tažnost byla zaznamenána u prstencové příze 29,5 tex, která se lišila od nejmenší tažnosti prstencové příze 7,4 tex o 38,2 %.

V grafech 4 v příloze 3 jsou vyneseny poměrné pevnosti přízí v závislosti na tažnosti u souboru přízí dodaných od stejného výrobce. Trendy takto vytvořených tahových křivek prstencových přízí mají strmější růst než kompaktních přízí stejných jemností, výjimku tvoří příze 11,8 tex, kde je tomu naopak. K přetrhu prstencových přízí však došlo při nižší tažnosti a pevnosti.

V grafu 3 v příloze 3 jsou vyneseny tahové pracovní křivky prstencových přízí dodaných od různých výrobců. Nejstrmější křivku ze všech vynesných závislostí představuje prstencová příze 10 tex a nejméně strmou prstencová příze 29,5 tex.

Vnesená chyba, která nastala při modelování křivek se lehce odrazila na souřadnicích (tažnosti a poměrné pevnosti) tahových pracovních křivek přízí, jelikož se minimálně odchylují od průměrných naměřených hodnot. Další chyba se může projevit u strmosti křivek. Výše již zmíněné nepřesnosti mohly být do experimentu vneseny „uříznutím naměřených hodnot“ pro program Matlab viz. kap. 3.1.10.

Přibližné grafické porovnání naměřených vstupních charakteristik, pevností a tažností přízí je uvedeno v grafech 2 a 3 v kap. 3.1.14.

3.2.3. Citlivost modelů na změnu vstupních charakteristik

V grafu 1 v kapitole 3.1.13. je vynesena citlivost poměrné pevnosti příze na délce vláken. Je zřejmé, že model Pana není citlivý na délku vláken, model Solověva je výrazně citlivý na délku vláken a model Žurka je na tuto charakteristiku citlivý pouze v počátečních zkoumaných hodnotách.

V grafu 3 v příloze 2 je vynesena závislost citlivosti poměrné pevnosti příze na jemnosti vláken pro jednotlivé predikční modely. Změna hodnot jemnosti vláken neovlivní predikci poměrné pevnosti příze dle Pana. Modely Žurka a Solověva jsou na změnu jemnosti vláken lehce citlivé.

V grafu 4 v příloze 2 je vynesena závislost citlivosti poměrné pevnosti příze na poměrnou pevnost vláken pro predikční modely Pana, Žurka a Solověva. Tyto modely jsou na změnu pevnosti vláken výrazně citlivé.

V grafu 5 v příloze 2 je vynesena závislost citlivosti poměrné pevnosti příze na tažnosti vláken pro predikční modely Pana, Žurka a Solověva. Pouze model Žurka je citlivý na tažnost vláken.

V grafu 6 v příloze 2 je vynesena závislost citlivosti poměrné pevnosti příze na jemnosti příze pro jednotlivé predikční modely. Model Pana není výrazně citlivý na změnu jemnosti příze oproti modelům Solověva a Žurka.

Z grafu 7 z přílohy 2 je zřejmá závislost citlivosti poměrné pevnosti příze na zákrut příze pro jednotlivé predikční modely. Nejcitlivější na změnu zákrutu příze je model Žurka, poté následuje model Solověva, který je mírně citlivý na změnu zákrutu a nejméně citlivý je model Pana.

Mezi nejcitlivější vstupní charakteristiky, které mají vliv na predikovanou pevnost příze patří poměrná pevnost vláken při dosazení do všech tří použitých modelů. Dále pak délka vláken dosazená do modelu Solověva, tažnost vláken a zákrut příze dosazených do modelu Žurka.

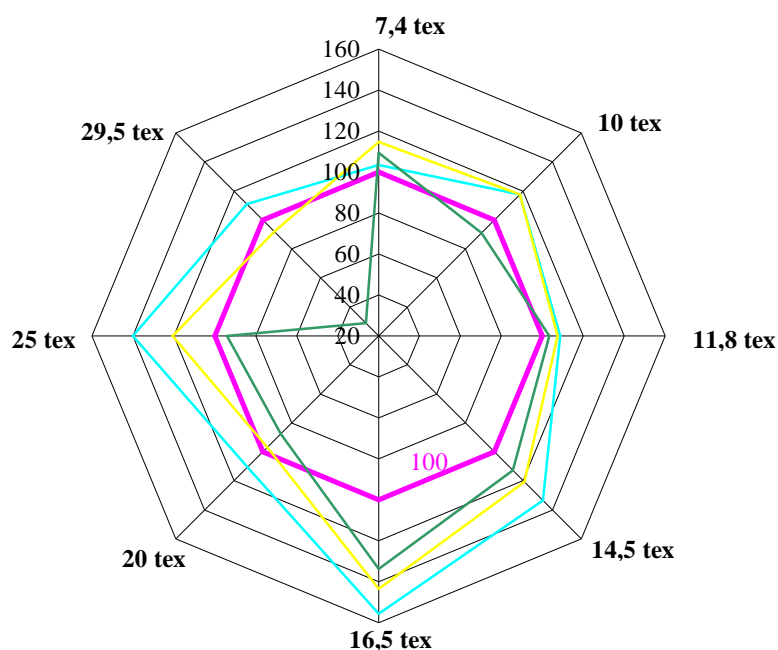
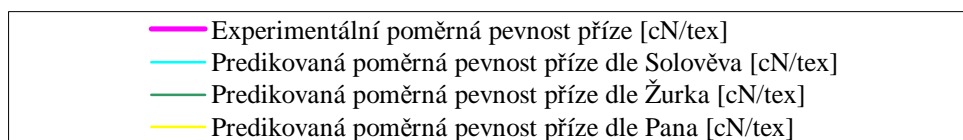
3.2.4. Porovnání predikovaných a experimentálních poměrných pevností příze

V grafu 1 v příloze 2 jsou vyneseny experimentální hodnoty průměrných poměrných pevností přízí v porovnání s predikovanými podle modelů Solověva, Žurka a Pana. V tomto grafu jsou hodnoceny prstencové příze od různých výrobců. V tab. 5. jsou uvedeny procentuelní rozdíly mezi predikovanými a experimentálně získanými

poměrnými pevnostmi prstencových přízí, další procentuelní porovnání hodnot je zřejmé z paprskového grafu 4. Predikované poměrné pevnosti většiny prstencových přízí podle modelu Pana jsou nadsazené oproti experimentálním. Výjimkou je prstencová příze 20 tex, u které predikovaná pevnost příze spadá do konfidenčního intervalu experimentální hodnoty poměrné pevnosti, další výjimku tvoří prstencová příze 29,5 tex, v tomto případě je predikovaná pevnost podsazena experimentální. Predikované poměrné pevnosti prstencových přízí 7,4; 14,5 a 16,5 tex podle modelu Žurka jsou nadsazené v porovnání s experimentálními pevnostmi, predikované pevnosti přízí 11,8 a 25 tex spadají do konfidenčních intervalů experimentálně získaných poměrných pevností, predikované pevnosti ostatních prstencových přízí jsou podsazené experimentálním poměrným pevnostem odpovídajících přízí. Při predikci poměrných pevností prstencových přízí dle modelu Solověva jsou hodnoty predikovaných pevností nadsazeny experimentálním, pouze pro přízi 7,4 tex spadá predikovaná pevnost do konfidenčního intervalu experimentální pevnosti.

		Rozdíl mezi experimentální a predikovanou poměrnou pevností příze [%]		
		Solověv	Žurek	Pan
Jemnost příze 7,4 tex	Prstencová	3,5	9,2	14,6
Jemnost příze 10 tex	Prstencová	17,4	8,9	17,7
Jemnost příze 11,8 tex	Prstencová	8,6	3,4	7,4
Jemnost příze 14,5 tex	Prstencová	33,6	12,9	21,1
Jemnost příze 16,5 tex	Prstencová	55,6	33,6	43,5
Jemnost příze 20 tex	Prstencová	10,7	12,4	3,1
Jemnost příze 25 tex	Prstencová	39,9	6	20,6
Jemnost příze 29,5 tex	Prstencová	10,9	71,2	6,3
Průměrný rozdíl pevností [%]		22,5	19,7	16,8

Tab. 5.: Rozdíl mezi experimentálními a predikovanými pevnostmi prstencových přízí

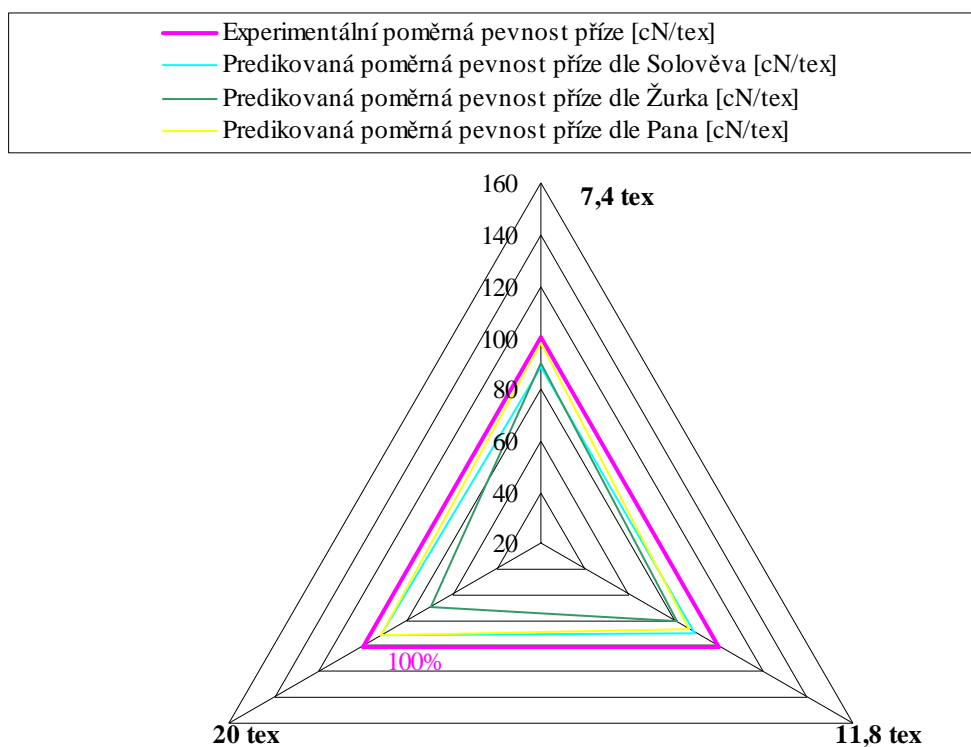


Graf 4: Rozdíl mezi experimentálními a predikovanými pevnostmi prstencových přízí

V grafu 2 v příloze 2 jsou experimentálně získané hodnoty průměrných poměrných pevností přízí v porovnání s predikovanými podle modelů Solověva, Žurka a Pana, zde jsou hodnoceny kompaktní příze od stejného výrobce. V tab. 6. jsou uvedeny procentuelní rozdíly mezi predikovanými a experimentálně získanými poměrnými pevnostmi kompaktních přízí, z grafu 5 je zřejmé jejich přibližné grafické porovnání. Predikované poměrné pevnosti kompaktních přízí podle modelu Pana jsou podsazené experimentálním pevnostem odpovídajících přízí, výjimkou je příze 7,4 tex, u které predikovaná pevnost příze spadá do konfidenčního intervalu experimentální hodnoty poměrné pevnosti. Při predikci poměrných pevností kompaktních přízí dle modelů Solověva a Žurka jsou hodnoty podsazeny experimentálním pevnostem odpovídajících přízí.

		Rozdíl mezi experimentální a predikovanou poměrnou pevností příze [%]		
		Solověv	Žurek	Pan
Jemnost příze 7,4 tex	Kompaktní	11,6	10	2,3
Jemnost příze 11,8 tex	Kompaktní	10,9	19,5	13
Jemnost příze 20 tex	Kompaktní	8,2	30,5	8,6
Průměrný rozdíl pevností [%]		10,2	20,0	8,0

Tab. 6.: Rozdíl mezi experimentální a predikovanou pevností kompaktních přízí



Graf 5: Rozdíl mezi experimentálními a predikovanými pevnostmi kompaktních přízí

Celková procentuelní odchylka predikovaných poměrných pevností, prstencových přízí od různých výrobců, se podle modelu Pana rovná 16,8% (viz. tab. 5) v porovnání s experimentálními. Také pro kompaktní příze, predikované podle modelu Pana, byla vypočítána nejmenší procentuelní odchylka a to 8% (viz. tab. 6) v porovnání s experimentálně naměřenými poměrnými pevnostmi. Proto lze model Pana po statistické stránce pokládat za nejpříznivější v porovnání s dalšími dvěmi použitými predikčními

modely, důvodem může být jeho nejmenší citlivost na změnu vstupní charakteristiky. Model Pana není citlivý na délku vláken, jemnost vláken, tažnost vláken, mírně je citlivý na jemnost a zákrut příze.

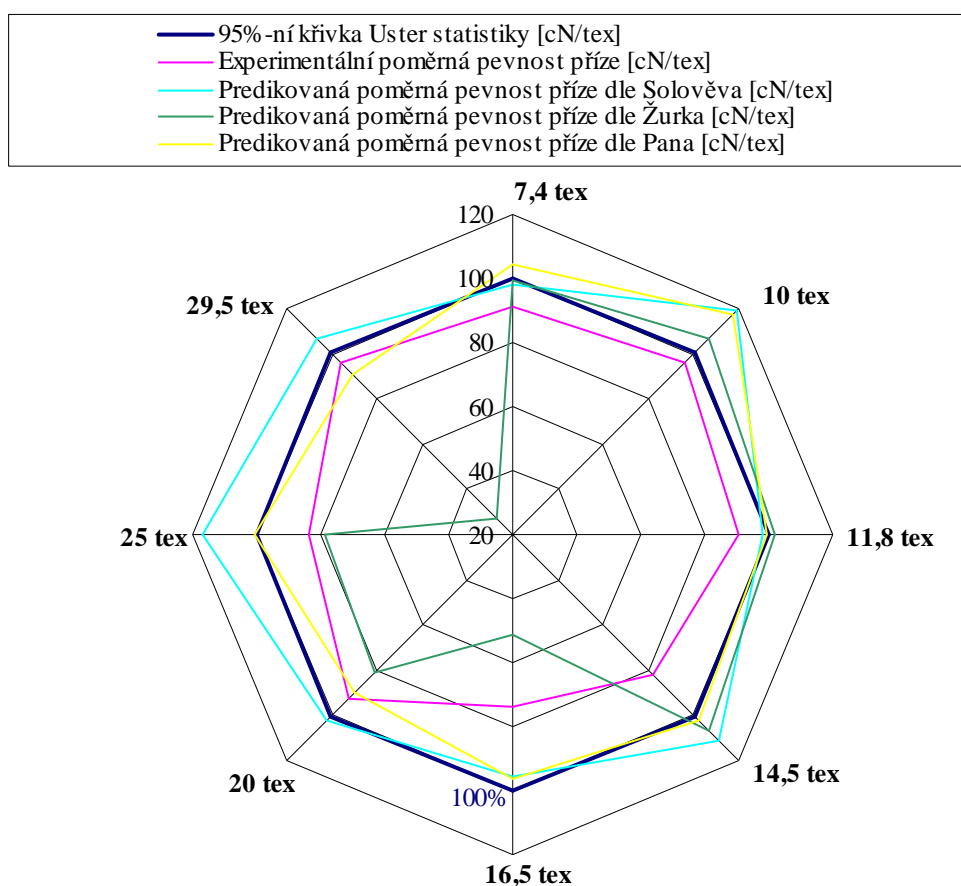
Nejméně vhodnému modelu pro soubor prstencových přízí odpovídá Solověvův, u kterého vyšel rozdíl mezi predikovanými a experimentálními poměrnými pevnostmi 22,5% viz. tab. 5. Nejméně příznivým modelem pro kompaktní příze je Žurkův, mezi predikovanými a experimentálními poměrnými pevnostmi vyšel rozdíl 20% viz. tab. 6.

3.2.5. Porovnání poměrné pevnosti příze s Uster statistikou

Z grafu 8 v příloze 2 lze porovnat experimentální a predikované poměrné pevnosti prstencových přízí s křivkami Uster statistiky. Záporná znaménka procentuelních hodnot poměrných pevnosti přízí viz. tab. 7. vypovídají o tom, že hodnoty pevností leží pod 95% křivkou Uster statistiky a opačně, z paprskového grafu 6 je zřejmé grafické procentuelní porovnání. Všechny hodnoty experimentálně stanovených poměrných pevností přízí se vyskytují pod 95%-ní křivkou tzn., že spadají svoji kvalitou do 5-ti% nejméně kvalitních přízí z celosvětové produkce. U predikovaných poměrných pevností přízí podle modelu Solověva se nachází hodnoty pevností přízí 7,4; 11,8 a 16,5 tex v těsné blízkosti pod křivkou, ostatní hodnoty spadají do celosvětové 95%-ní produkce. Hodnota poměrné pevnosti příze 7,4 tex predikovaná podle modelu Žurka se nachází se zanedbatelným statistickým rozdílem přímo na křivce, hodnoty pevností přízí 10; 11,8 a 14,5 tex se vyskytují nad křivkou. Ostatní predikované poměrné pevnosti podle modelu Žurka se vyskytují pod 95%-ní křivkou. Predikované poměrné pevnosti přízí 11,8 a 25 tex podle modelu Pana se vyskytují se zanedbatelným statistickým rozdílem přímo na 95%-ní křivce, pevnosti přízí 7,4; 10 a 14,5 tex spadají do 95% celosvětové produkce.

		Rozdíl mezi poměrnými pevnostmi přízí a 95%-ní hodnotami křivky Uster statistiky [%]			
		Experiment	Solověv	Žurek	Pan
Jemnost příze 7,4 tex	Prstencová	-8,9	-1,9	-0,4	4,4
Jemnost příze 10 tex	Prstencová	-4,4	18,5	6,7	16,7
Jemnost příze 11,8 tex	Prstencová	-9,3	-1,8	2	-0,5
Jemnost příze 14,5 tex	Prstencová	-17,9	11,4	6,2	1,7
Jemnost příze 16,5 tex	Prstencová	-26,4	-4,1	-48,6	-3,7
Jemnost příze 20 tex	Prstencová	-7,4	2,8	-18,9	-10,1
Jemnost příze 25 tex	Prstencová	-16,5	16,8	-21,5	0,6
Jemnost příze 29,5 tex	Prstencová	-3,5	7,0	-72,2	-9,5

Tab. 7: Rozdíl mezi poměrnými pevnostmi prstencových přízí a hodnotami 95%-ní křivky Uster statistiky

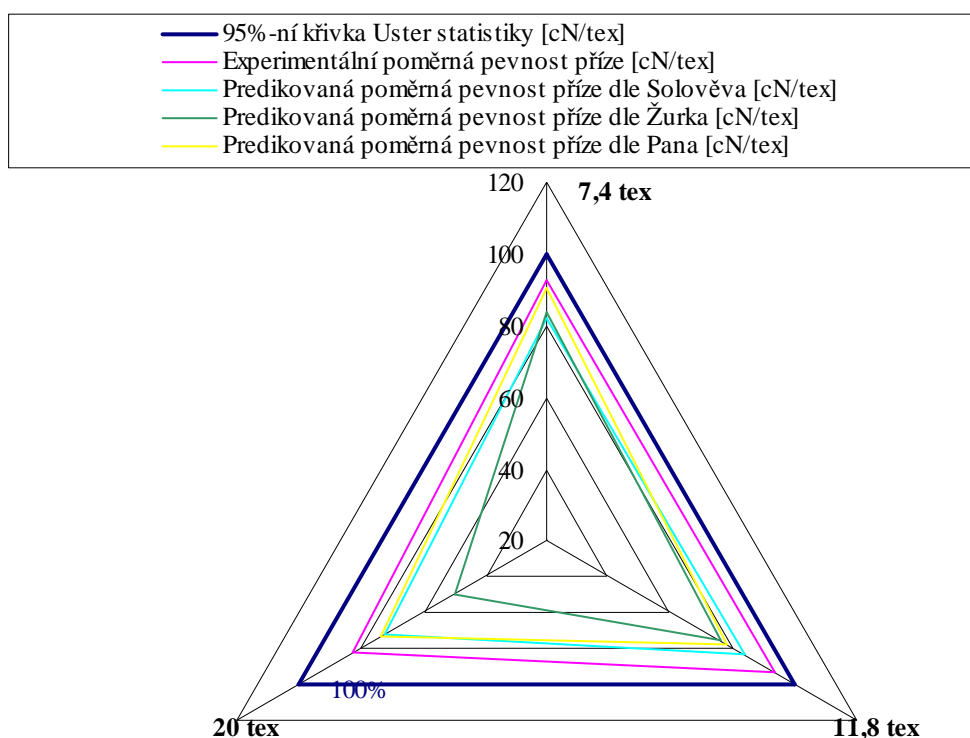


Graf 6.: Rozdíl mezi poměrnými pevnostmi prstencových přízí a hodnotami 95%-ní křivky Uster statistiky

Z grafu 9 v příloze 2 lze porovnat experimentální a predikované poměrné pevnosti kompaktních přízí s křivkami Uster statistiky. Procentuelní hodnoty v tab. 8. se záporným znaménkem vypovídají o tom, že poměrné pevnosti přízí, získaných metodami Solověva, Žurka, Pana a experimentem, leží pod 95% křivkou Uster statistiky. Další procentuelní porovnání a to grafické je zřejmé z grafu 7.

		Rozdíl mezi poměrnými pevnostmi přízí a 95%-ní hodnotami křivky Uster statistiky [%]			
		Experiment	Solověv	Žurek	Pan
Jemnost příze 7,4 tex	Kompaktní	-7,3	-18,1	-16,5	-9,4
Jemnost příze 11,8 tex	Kompaktní	-6,1	-16,3	-24,3	-21,7
Jemnost příze 20 tex	Kompaktní	-17,6	-27,5	-50,5	-26,1

Tab. 8: Rozdíl mezi poměrnými pevnostmi kompaktních přízí a hodnotami 95%-ní křivky Uster statistiky



Graf 7: Rozdíl mezi poměrnými pevnostmi kompaktních přízí a hodnotami 95%-ní křivky Uster statistiky

3.2.6. Porovnání vypočtených charakteristik

Z grafu 7 z přílohy 3 lze pozorovat hodnoty deformační práce vláken přízí od stejného výrobce, které mají sestupný trend, výjimkou je kompaktní příze 7,4 tex, která nepatrně vybočuje z řady.

V grafu 5 v příloze 3 jsou vyneseny hodnoty deformační práce vláken prstencových přízí dodaných od různých výrobců, 35%-ní rozdíl byl zaznamenán mezi nejvyšší hodnotou deformační práce vláken příze 10 tex a nejnižší hodnotou, která byla naměřena u příze 29,5 tex.

V grafu 10 v příloze 3 jsou vypočtené hodnoty deformační práce přízí, které byly dodány od stejného výrobce. Vzestupný trend hodnot narušuje kompaktní příze 7,4 tex tak jako u sestupného trendu hodnot deformační práce vláken přízí.

V grafu 8 v příloze 3 jsou vyneseny hodnoty deformační práce prstencových přízí dodaných od různých výrobců. Zde je zaznamenán vzestupný trend hodnot, který je lehce narušen prstencovou přízí 16,5 tex.

Z grafu 13 z přílohy 3 lze pozorovat hodnoty modulů pružností vláken přízí od stejného výrobce. 21%-ní rozdíl byl zaznamenán mezi nejvyšší hodnotou modulu pružnosti vláken kompaktní příze 7,4 tex a nejnižší hodnotou, která byla naměřena u prstencové příze 20 tex.

V grafu 11 v příloze 3 jsou vyneseny hodnoty modulů pružností vláken prstencových přízí dodaných od různých výrobců. Mezi nejvyšší hodnotou modulu pružnosti vláken příze 10 tex a nejnižší hodnotou příze 20 tex je rozdíl 44%. U vláken s nejvyšší hodnotou modulu pružnosti byla vypočítána také nejvyšší hodnota poměrné pevnosti.

Průměrnému modulu pružnosti bavlněných vláken, který je uváděn v literatuře [7] v rozmezí 42 – 82 cN/dtex odpovídají všechny vypočtené moduly s výjimkou lehce zvýšeného modulu vláken prstencové příze 10 tex.

V grafu 16 v příloze 3 jsou vyneseny hodnoty modulů pružností přízí na jemnosti přízí, které byly dodány od stejného výrobce. Nejvyšší hodnota modulu pružnosti byla zaznamenána u prstencové příze 7,4 tex a nejnižší u prstencové příze 20 tex s rozdílem 30%.

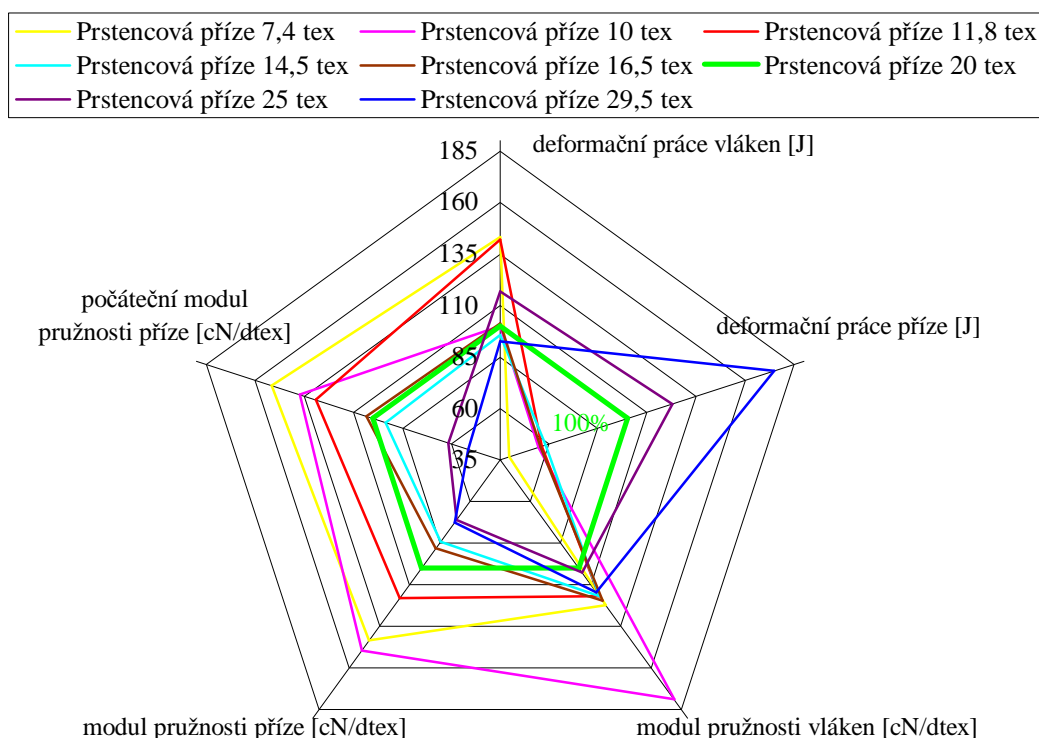
V grafu 14 v příloze 3 jsou vyneseny hodnoty modulů pružností prstencových přízí dodaných od různých výrobců. Mezi nejvyšší hodnotou modulu pružnosti příze 10 tex a nejnižší hodnotou příze 25 tex je rozdíl 52%.

V grafu 19 v příloze 3 jsou vyneseny počáteční moduly pružnosti přízí, které byly dodány od stejného výrobce. Sestupný trend těchto hodnot narušuje prstencová příze 11,8 tex.

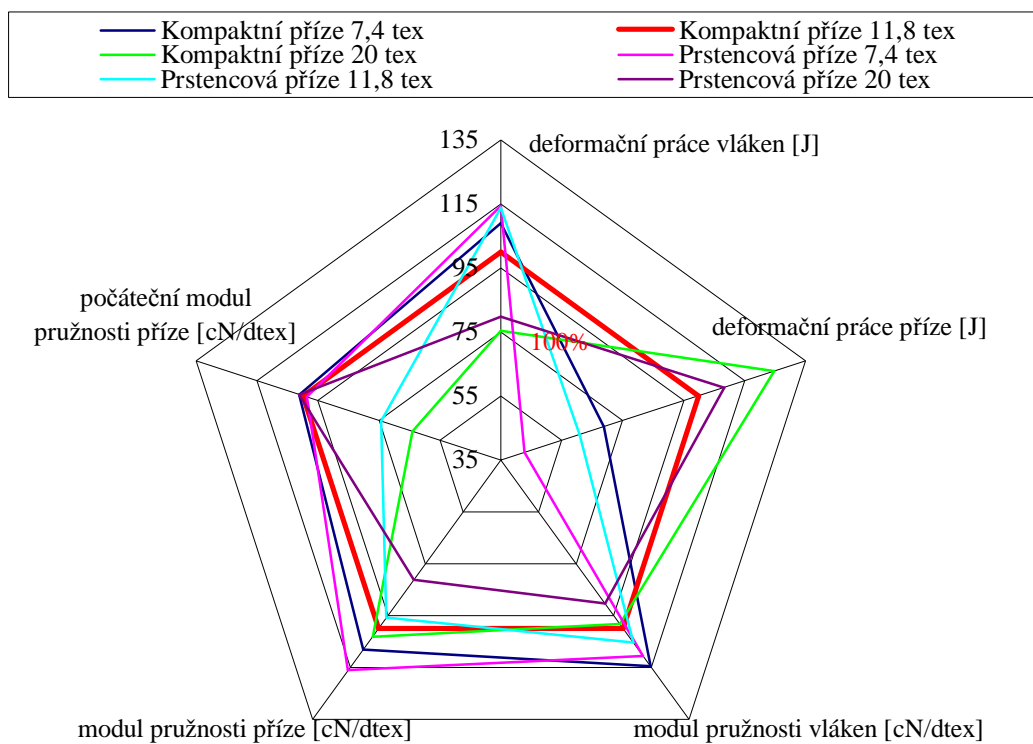
V grafu 17 v příloze 3 jsou vyneseny hodnoty počátečních modulů pružností prstencových přízí dodaných od různých výrobců. Hodnoty mají sestupný trend, s výjimkou příze 14,5 tex, která se lehce odchyluje. Nejvyšší hodnota počátečního modulu pružnosti byla vypočítána u příze 7,4 tex, u které byla naměřena také nejvyšší pevnost.

Vypočtené hodnoty počátečních modulů pružností přízí, deformační práce vláken a přízí jsou závislé na tahových pracovních křivkách, do trendů křivek byla zřejmě zanesena minimální chyba, proto výsledky u těchto veličin mohou být lehce zkreslené.

Přibližné grafické porovnání deformační práce vláken a přízí, modulů pružností vláken a přízí a počáteční moduly pružnosti přízí jsou zřejmé z grafů 8 a 9.



Graf 8: Porovnání vypočtených charakteristik prstencových přízí od různých výrobců



Graf 9: Porovnání vypočtených charakteristik kompaktních přízí od různých výrobců

4. Závěr

Experimenty byly provedeny na přízích kompaktních o jmenovitých jemnostech 7,4; 11,8 a 20 tex a prstencových o jmenovitých jemnostech 7,4; 10; 11,8; 20; 25 a 29,5 tex. Příze prstencové a kompaktní jmenovitých jemností 7,4; 11,8 a 20 tex byly dodány od stejného výrobce.

Při porovnávání predikovaných poměrných pevností přízí podle modelů Solověva, Žurka a Pana s experimentálně zjišťovanými pevnostmi se nejvíce experimentální přibližovaly predikované pevnosti podle modelu Pana a to u prstencových i kompaktních přízí, což je v tomto případě zřejmě způsobeno nejmenší citlivostí modelu na vstupní použité charakteristiky a zahrnutím modernějšího strojového parku do výpočetního vztahu.

Nejméně přesný výsledek byl dosažen mezi experimentálně zjištěnou poměrnou pevností a predikovanou podle modelu Solověva, toto tvrzení platí pouze pro prstencové příze. U kompaktních přízí byl zjištěn nejméně příznivý výsledek pro predikční model Žurka. Modely Solověva a Žurka jsou citlivější na změnu vstupních charakteristik v porovnání s modelem Pana, což zřejmě vede k méně přesným výsledkům predikovaných pevností oproti experimentálním. Odlišnost citlivosti modelů a dosazovaných vstupních charakteristik, mezi které patří poměrná pevnost vláken, tažnost vláken, jemnost vláken, jemnost příze, délka vláken, zákrut příze a koeficient tření mohou být příčinou nejednoznačného určení nevyhovujícího predikčního modelu.

Do predikčních vztahů mohla být vnesena minimální chyba nepřesným naměřením základních vstupních charakteristik, která by se odrazila na predikované poměrné pevnosti. Pro přesnější závěr by bylo také vhodné zajistit větší počet měření pro jednotlivé příze.

Navrhovala bych hlouběji propracovat model Pana, jelikož pevnost vypočtená pomocí jeho vztahu se nejvíce přibližovala experimentální. A nadále pracovat na návrhu dalších vztahů, které by vedly k přesnému výpočtu pevnosti příze.

Příloha 1

Naměřené charakteristiky vláken a přízí

Tab.1.: Naměřené charakteristiky vláken a přízí I.

		Jemnost příze [tex]	Jemnost vláken [dtex]	Délka vláken [mm]	Zákrut příze [1/m]	Poměrná jemnost [-]
Jemnost příze 7,4 tex	Kompaktní	7,35	1,52 (1,40;1,63)*	26,23 (25,09;27,36)*	1202 (1190;1215)*	48,4
	Prstencová	7,24	1,64 (1,54;1,74)*	23,61 (22,33;24,88)*	1282 (1270;1294)*	44,1
Jemnost příze 10 tex	Prstencová	9,88	1,3 (1,19;1,41)*	22,07 (20,71;23,42)*	1284 (1275;1293)*	76,0
Jemnost příze 11,8 tex	Kompaktní	11,79	1,61 (1,51;1,71)*	26,45 (25,27;27,63)*	1040 (1029;1050)*	73,2
	Prstencová	11,5	1,65 (1,54;1,75)*	24,23 (23,02;25,43)*	1039 (1029;1049)*	69,7
Jemnost příze 14,5 tex	Prstencová	14,28	1,46 (1,33;1,59)*	19,51 (18,51;20,51)*	979 (968;989)*	97,8
Jemnost příze 16,5 tex	Prstencová	16,33	1,5 (1,38;1,62)*	20,17 (19,23;21,10)*	856 (849;863)*	108,9
Jemnost příze 20 tex	Kompaktní	20,05	1,62 (1,53;1,72)*	17,87 (16,77;18,97)*	896 (887;905)*	123,8
	Prstencová	20,07	1,63 (1,53;1,73)*	22,02 (21,03;23,00)*	837 (827;847)*	123,1
Jemnost příze 25 tex	Prstencová	25,7	1,58 (1,46;1,7)*	19,88 (18,81;20,94)*	768 (761;774)*	162,7
Jemnost příze 29,5 tex	Prstencová	30,01	1,45 (1,32;1,57)*	22,48 (21,45;23,50)*	927 (920;935)*	207,0

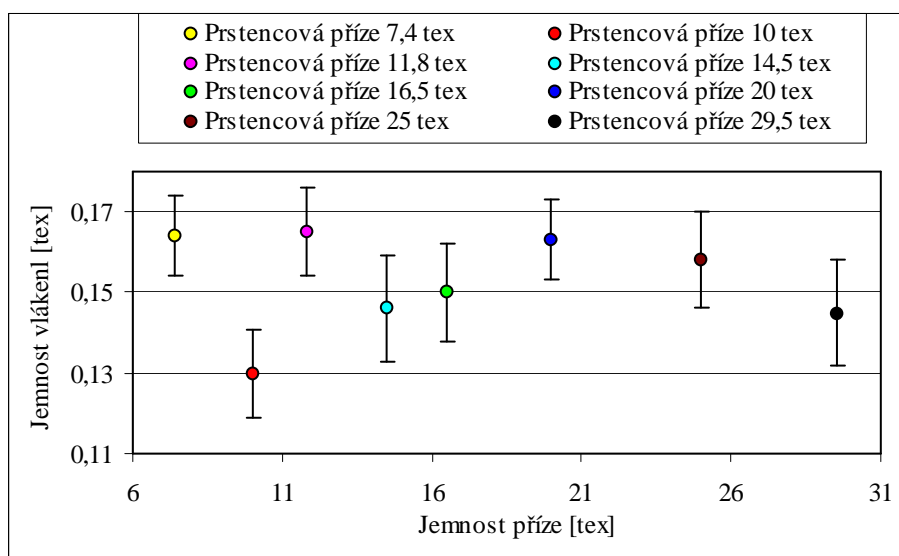
* konfidenční interval

Tab.2.: Naměřené charakteristiky vláken a přízí II.

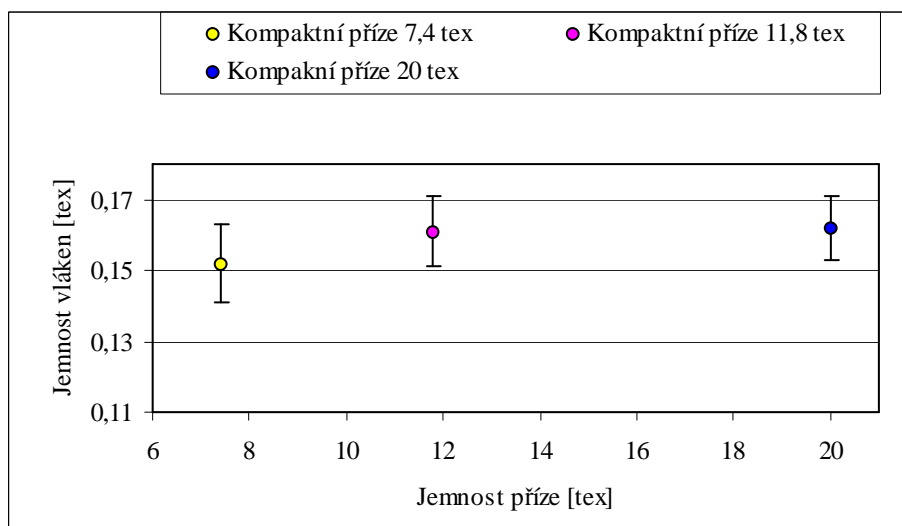
		Poměrná pevnost vláken P_{rv} [cN/tex]	Tažnost vláken [%]	Poměrná pevnost příze P_{rp} [cN/tex]	Tažnost příze [%]	Poměrná pevnost P_{rp}/P_{rv} [-]
Jemnost příze 7,4 tex	Kompaktní	36,48 (33,61;39,36)*	6,16 (5,70;6,62)*	20,67 (20,29;21,05)*	4,44 (4,32;4,57)*	0,567
	Prstencová	36,69 (33,14;40,24)*	6,42 (5,95;6,89)*	16,68 (16,30;17,06)*	3,34 (3,24;3,44)*	0,455
Jemnost příze 10 tex	Prstencová	40,3 (36,53;44,08)*	4,83 (4,38;5,28)*	17,50 (16,93;18,06)*	3,36 (3,25;3,48)*	0,434
Jemnost příze 11,8 tex	Kompaktní	31,29 (28,7;33,87)*	6,05 (5,56;6,54)*	19,43 (18,98;19,87)*	4,52 (4,42;4,62)*	0,621
	Prstencová	34,31 (31,25;37,37)*	6,29 (5,75;6,83)*	16,97 (16,53;17,41)*	4,12 (3,98;4,26)*	0,495
Jemnost příze 14,5 tex	Prstencová	28,93 (25,59;32,26)*	5,30 (4,78;5,83)*	11,57 (11,24;11,91)*	3,94 (3,78;4,11)*	0,400
Jemnost příze 16,5 tex	Prstencová	29,69 (26,73;32,66)*	5,31 (4,82;5,80)*	10,67 (10,34;11,01)*	3,47 (3,33;3,60)*	0,359
Jemnost příze 20 tex	Kompaktní	26,93 (24,6;29,27)*	5,29 (4,82;5,75)*	15,40 (15,04;15,75)*	4,27 (4,13;4,40)*	0,722
	Prstencová	26,46 (23,76;29,16)*	5,66 (5,15;6,17)*	13,79 (13,42;14,16)*	3,95 (3,83;4,06)*	0,641
Jemnost příze 25 tex	Prstencová	28,8 (25,77;31,84)*	5,99 (5,48;6,50)*	11,85 (11,57;12,13)*	4,77 (4,66;4,87)*	0,411
Jemnost příze 29,5 tex	Prstencová	28,2 (25,06;31,34)*	5,27 (4,81;5,73)*	13,71 (13,36;14,06)*	5,4 (5,25;5,55)*	0,486

*konfidenční interval

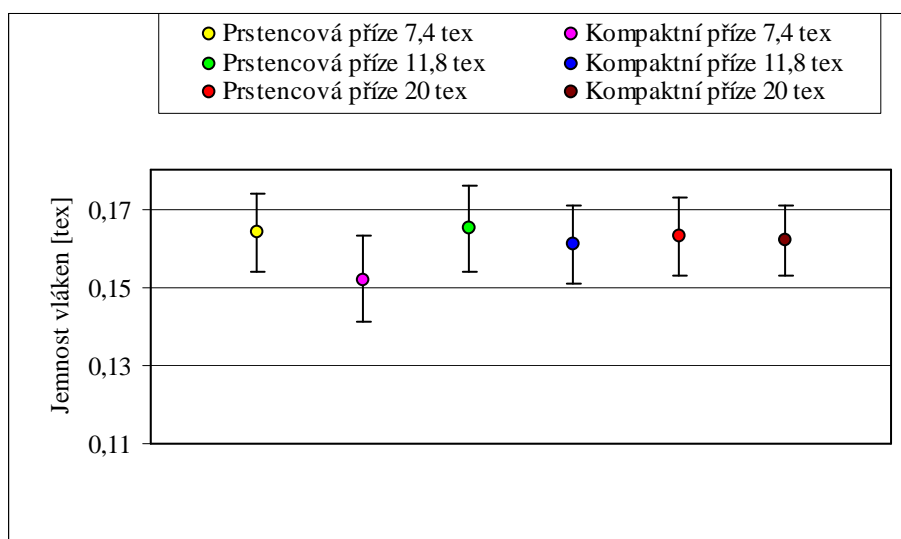
Graf 1: Experimentálně získaná jemnost vláken prstencových přízí na přístroji Vibroskop



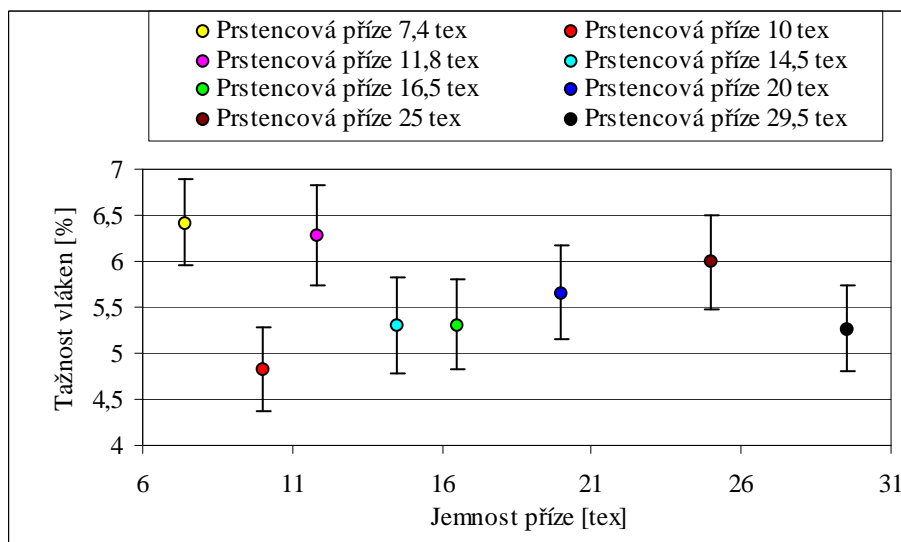
Graf 2: Experimentálně získaná jemnost vláken kompaktních přízí na přístroji Vibroskop



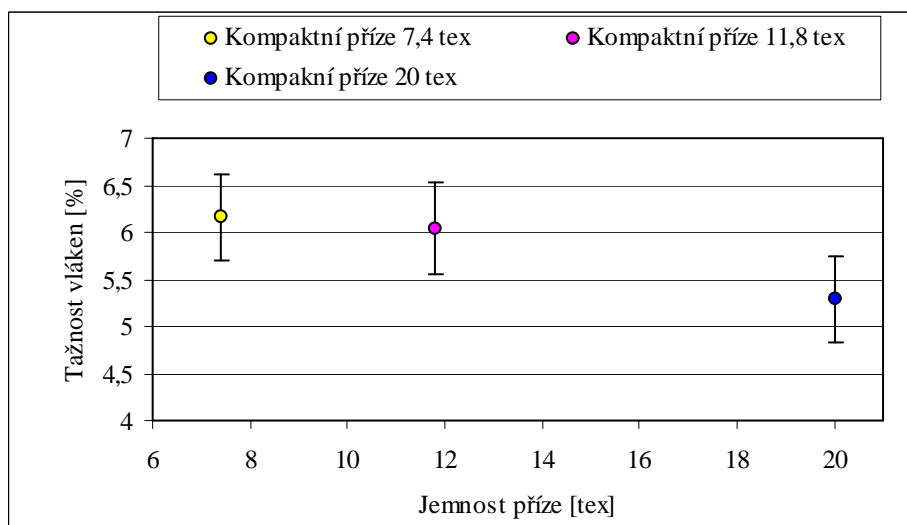
Graf 3: Experimentálně získaná jemnost vláken prstencových a kompaktních přízí na přístroji Vibroskop (stejný výrobce přízí)



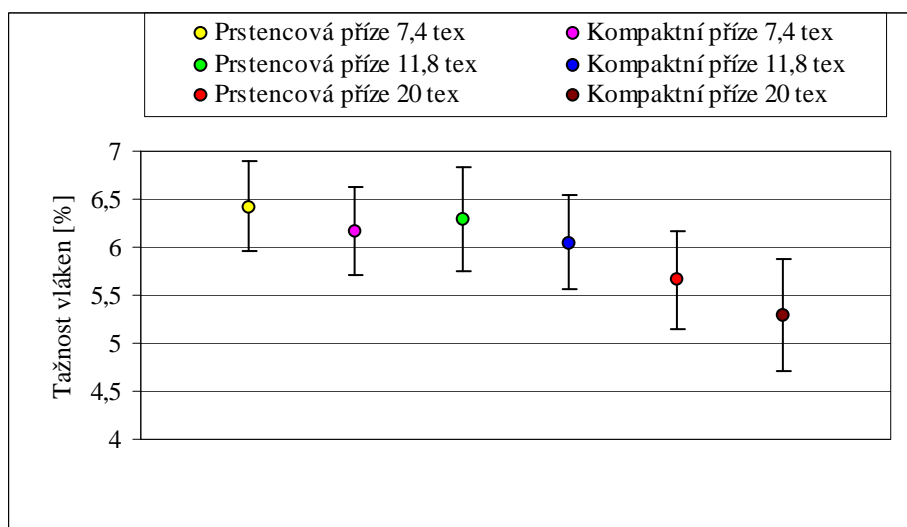
Graf 4: Experimentálně získaná tažnost vláken prstencových přízí na přístroji Vibrodyn



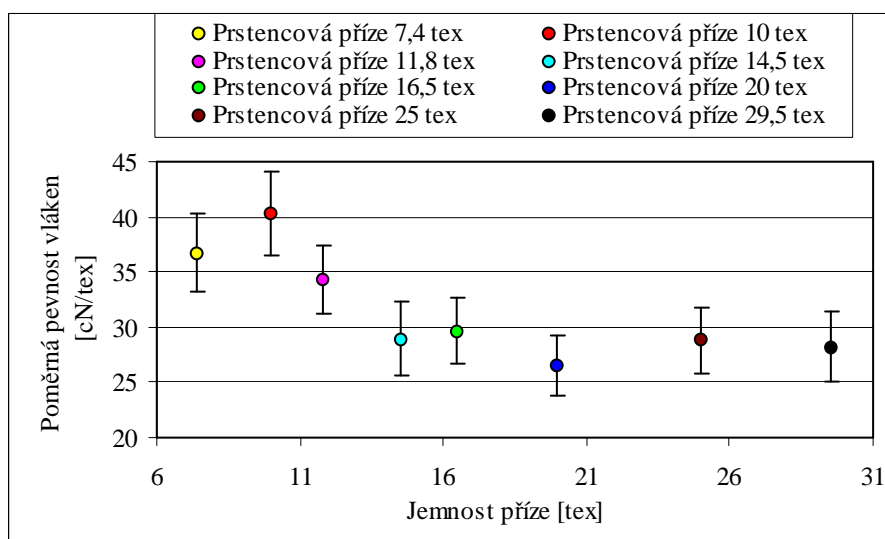
Graf 5: Experimentálně získaná tažnost vláken kompaktních přízí na přístroji Vibrodyn



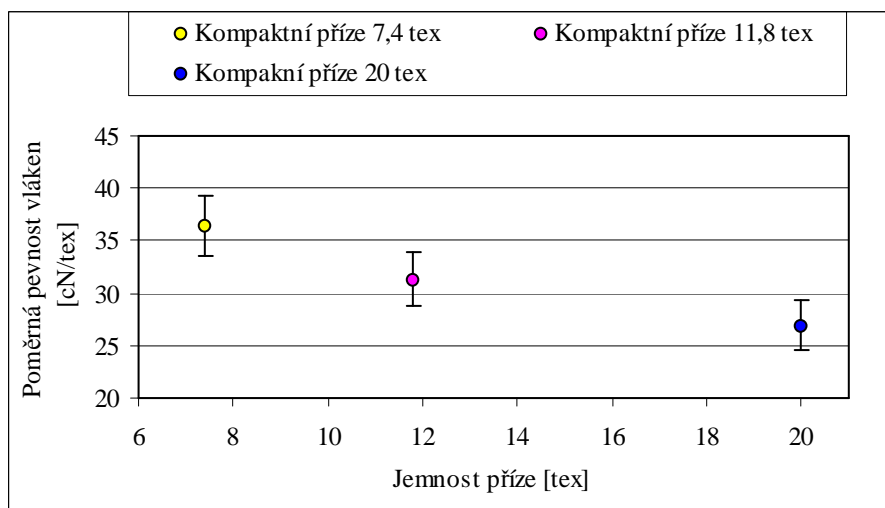
Graf 6: Experimentálně získaná tažnost vláken prstencových a kompaktních přízí na přístroji Vibrodyn (stejný výrobce přízí)



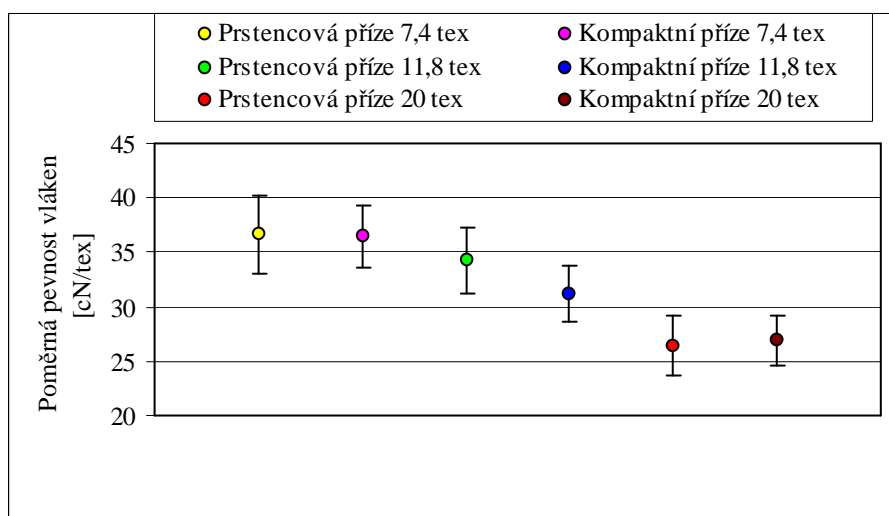
Graf 7: Experimentálně získaná poměrná pevnost vláken prstencových přízí na přístroji Vibrodyn



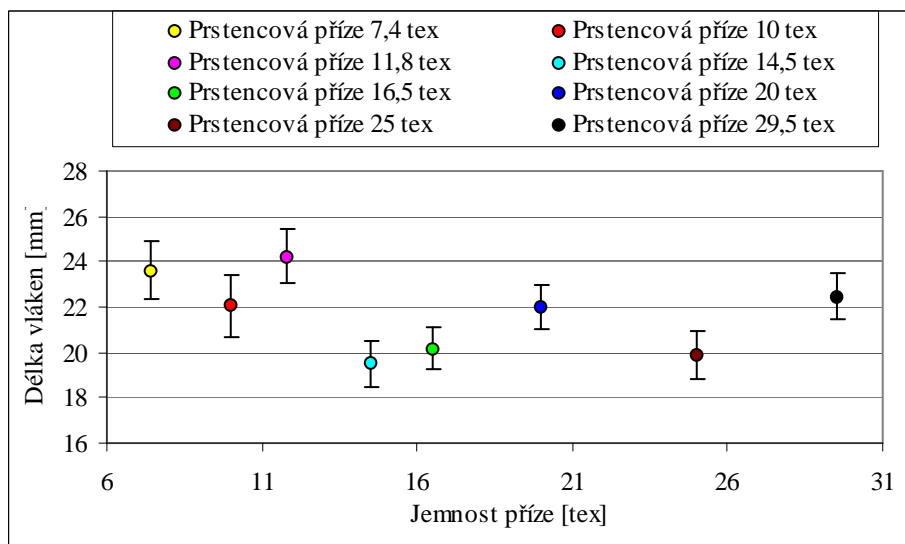
Graf 8: Experimentálně získaná poměrná pevnost vláken kompaktních přízí na přístroji Vibrodyn



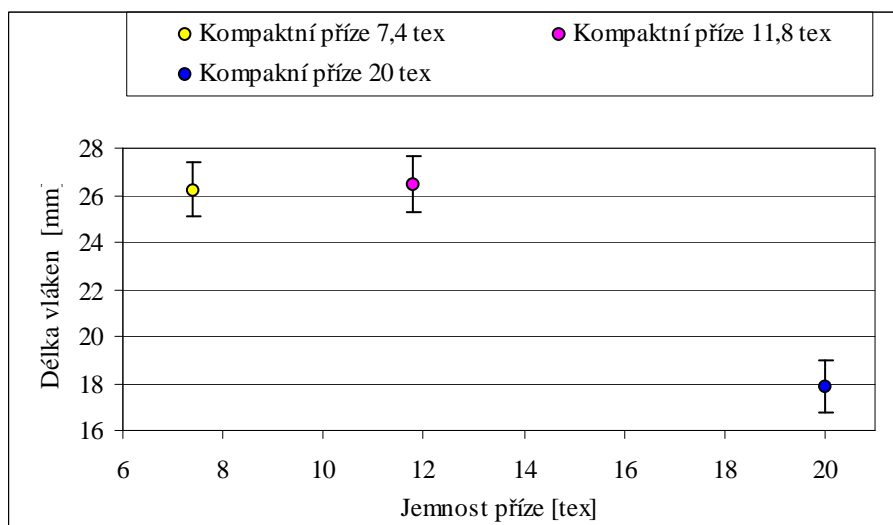
Graf 9: Experimentálně získaná poměrná pevnost vláken prstencových a kompaktních přízí na přístroji Vibrodyn (stejný výrobce)



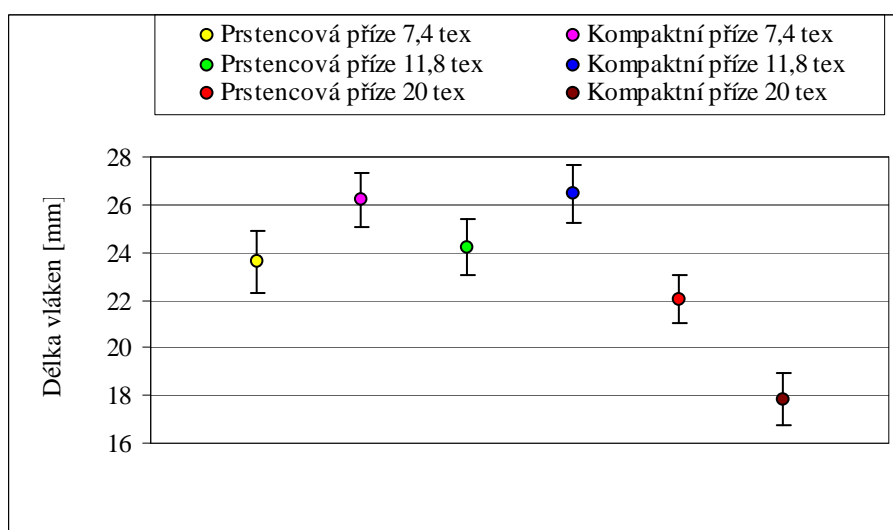
Graf 10: Délka vláken prstencových přízí



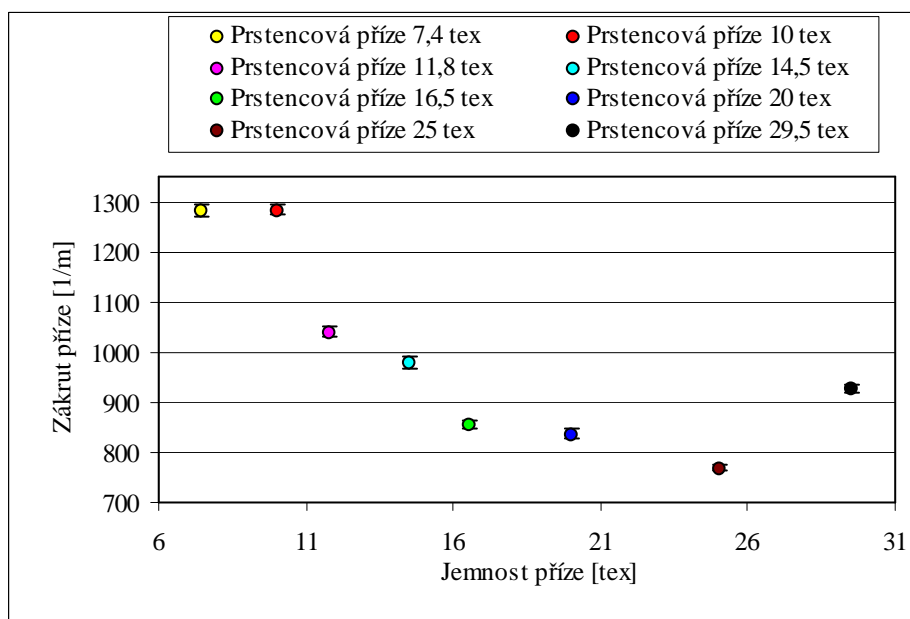
Graf 11: Délka vláken kompaktních přízí



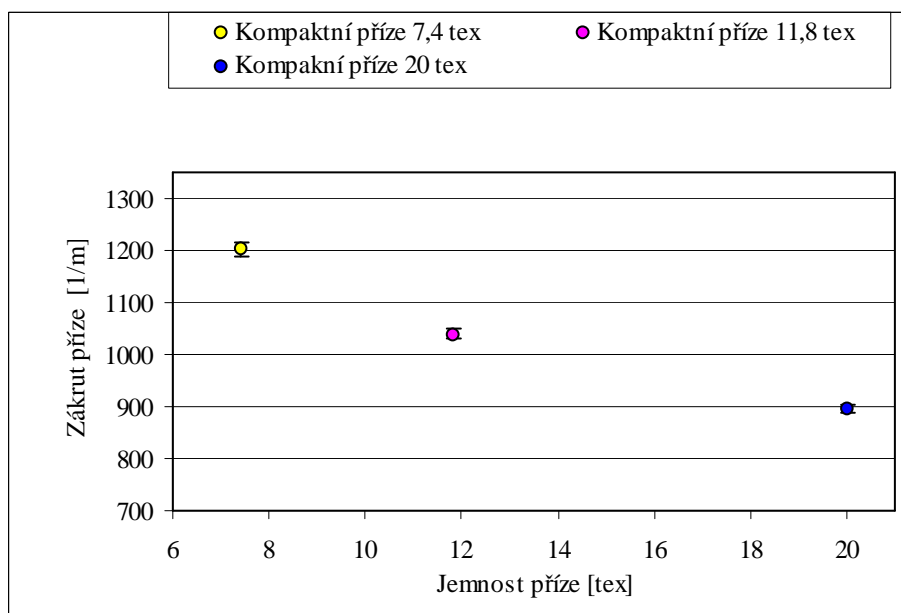
Graf 12: Délka vláken prstencových a kompaktních přízí (stejný výrobce)



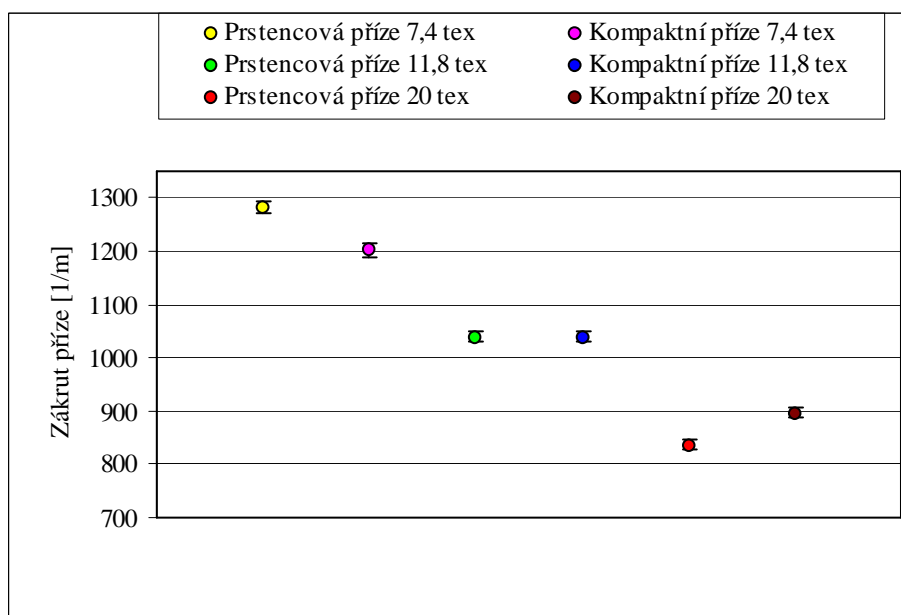
Graf 13: Experimentálně získaný zákrut prstencových přízí



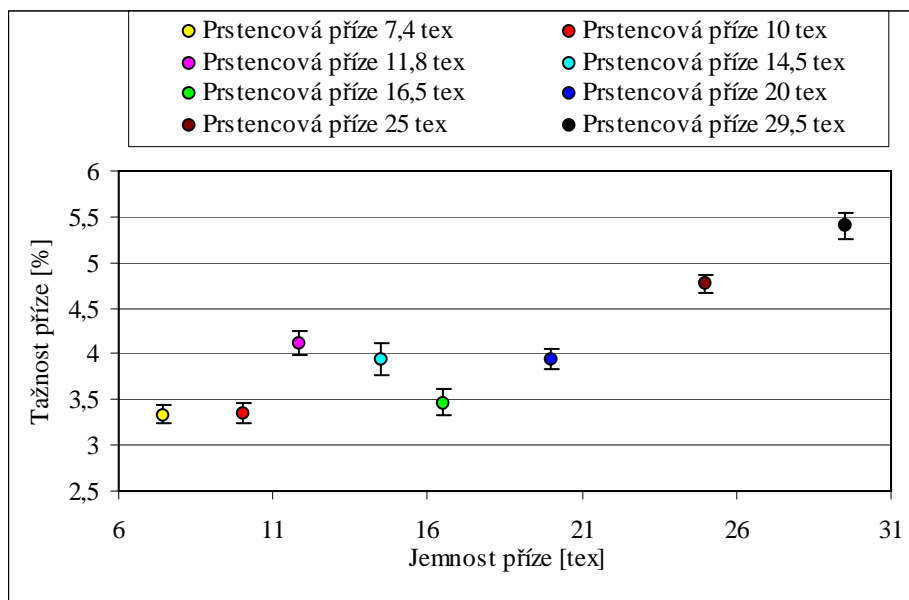
Graf 14: Experimentálně získaný zákrut kompaktních přízí



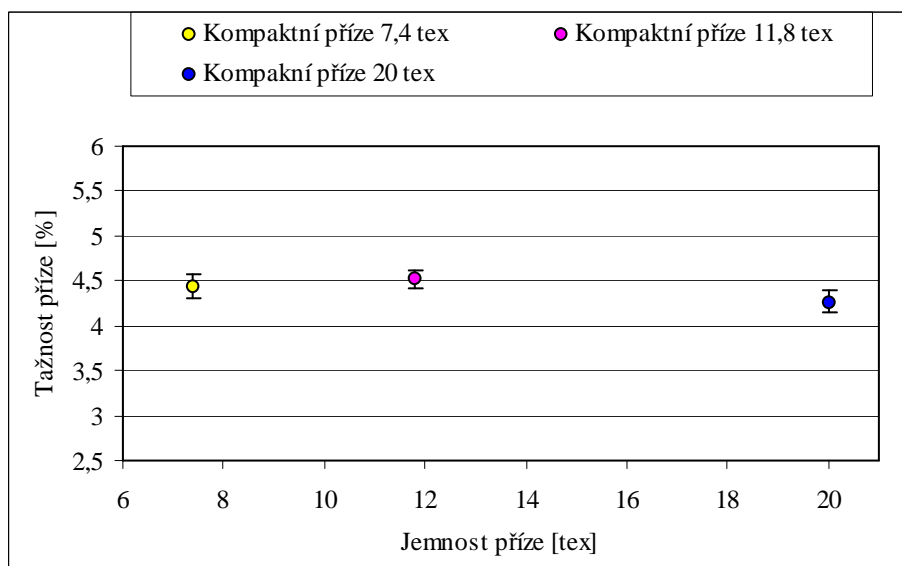
Graf 15: Experimentálně získaný zákrut prstencových a kompaktních přízí (stejný výrobce přízí)



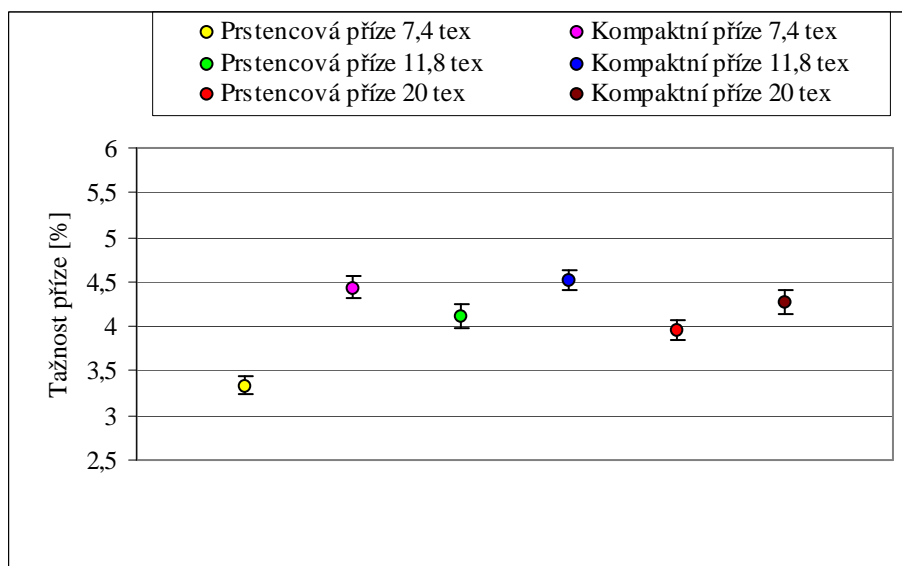
Graf 16: Experimentálně získaná tažnost prstencových přízí na přístroji Instron



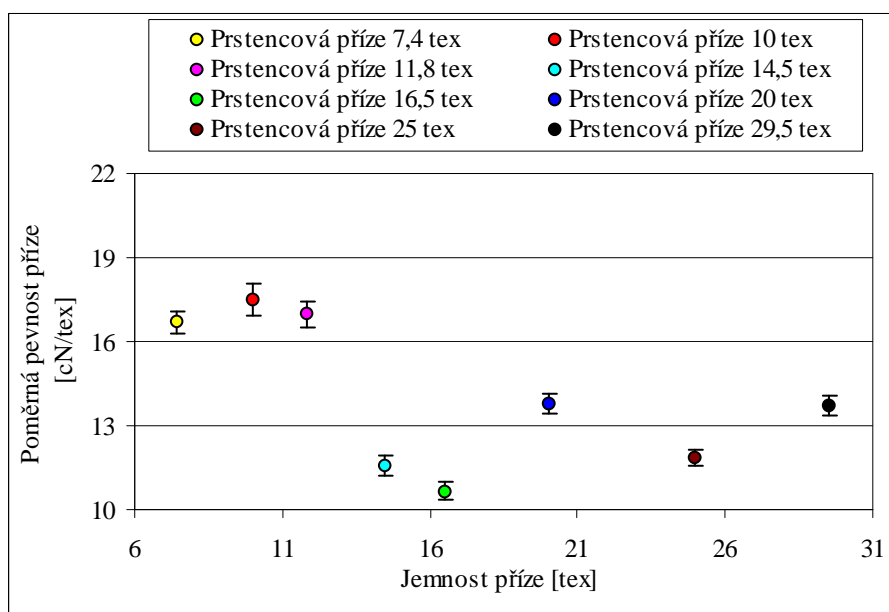
Graf 17: Experimentálně získaná tažnost kompaktních přízí na přístroji Instron



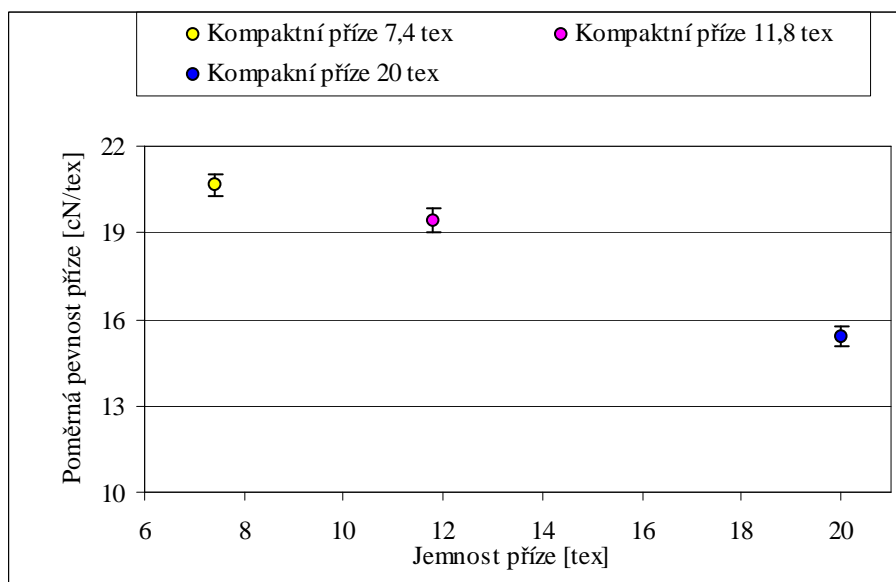
Graf 18: Experimentálně získaná tažnost prstencových a kompaktních přízí na přístroji Instron (stejný výrobce)



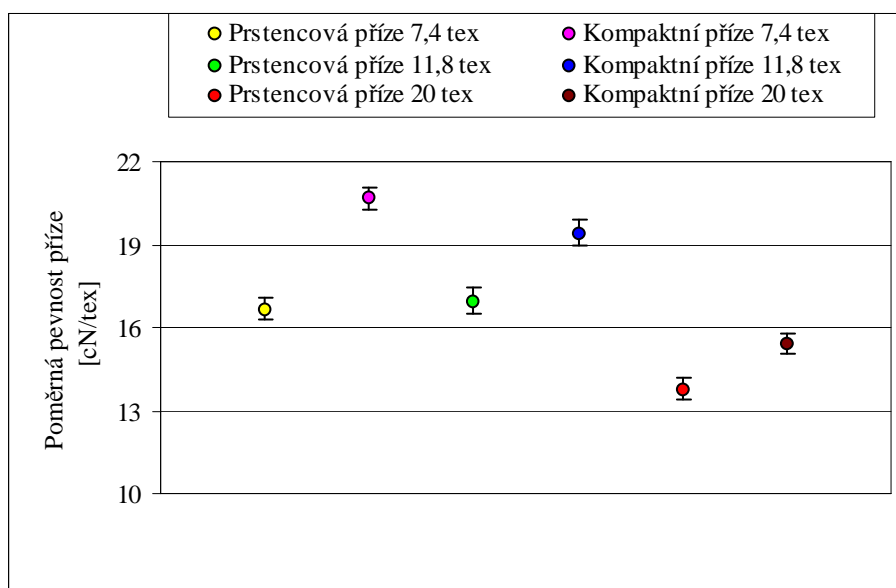
Graf 19: Experimentálně získaná poměrná pevnost prstencových přízí na přístroji Instron



Graf 20: Experimentálně získaná poměrná pevnost kompaktních přízí na přístroji Instron



Graf 21: Experimentálně získaná poměrná pevnost prstencových a kompaktních přízí na přístroji Instron (stejný výrobce)



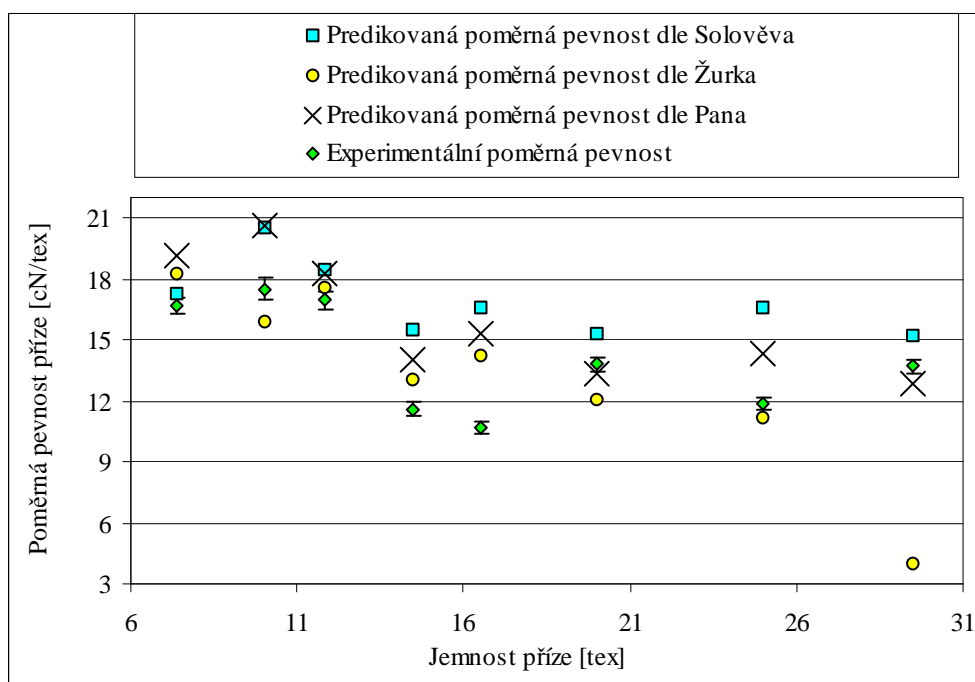
Příloha 2

Predikce poměrných pevností přízí, porovnání poměrných pevností s Uster statistikou, ověření citlivosti

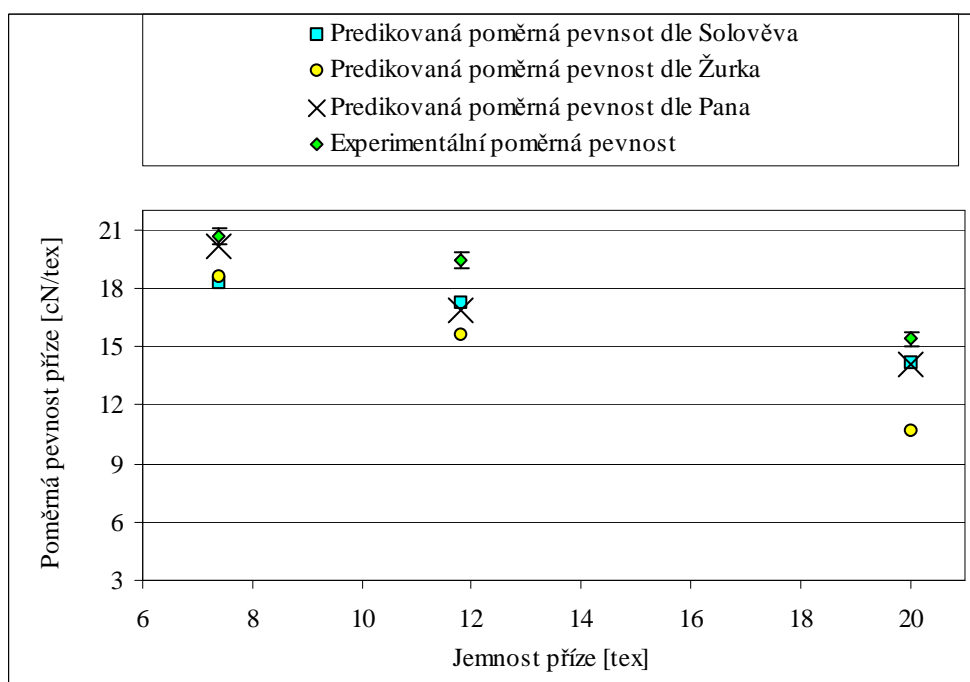
Tab. 1: Predikovaná poměrná pevnost příze

		Experimentální pevnost příze [cN/tex]	Predikovaná poměrná pevnost příze [cN/tex]		
			Solověv	Žurek	Pan
Jemnost příze 7,4 tex	Kompaktní	20,67	18,27	18,61	20,20
	Prstencová	16,68	17,26	18,22	19,11
Jemnost příze 10 tex	Prstencová	17,50	20,54	15,94	20,60
Jemnost příze 11,8 tex	Kompaktní	19,43	17,32	15,65	16,91
	Prstencová	16,97	18,43	17,54	18,23
Jemnost příze 14,5 tex	Prstencová	11,57	15,46	13,06	14,01
Jemnost příze 16,5 tex	Prstencová	10,67	16,60	14,26	15,31
Jemnost příze 20 tex	Kompaktní	15,40	14,14	10,70	14,07
	Prstencová	13,79	15,26	12,08	13,36
Jemnost příze 25 tex	Prstencová	11,85	16,58	11,14	14,29
Jemnost příze 29,5 tex	Prstencová	13,71	15,20	3,95	12,85

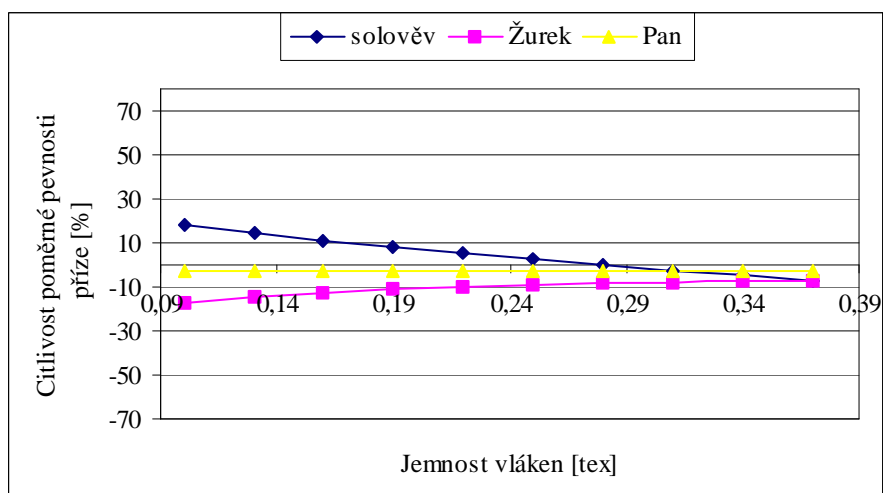
Graf 1: Porovnání predikovaných poměrných pevností prstencových přízí podle modelů Solověva, Žurka a Pana s experimentálními



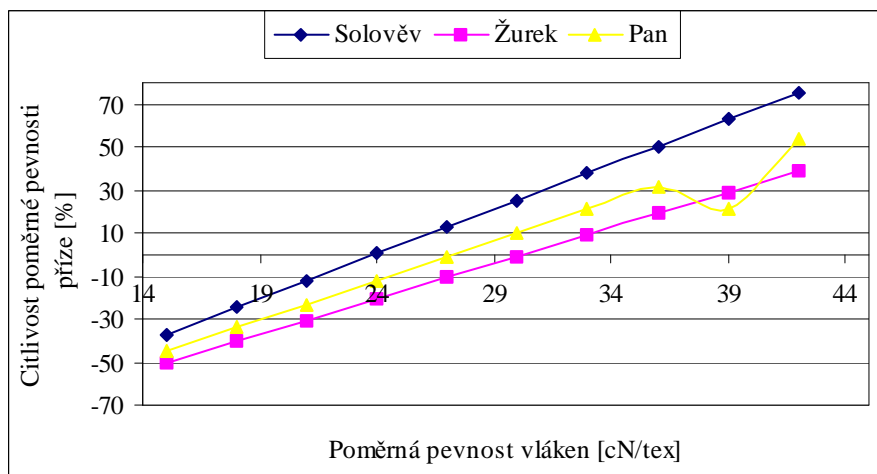
Graf 2: Porovnání predikovaných poměrných pevností kompaktních přízí podle modelů Solověva, Žurka a Pana s experimentálními



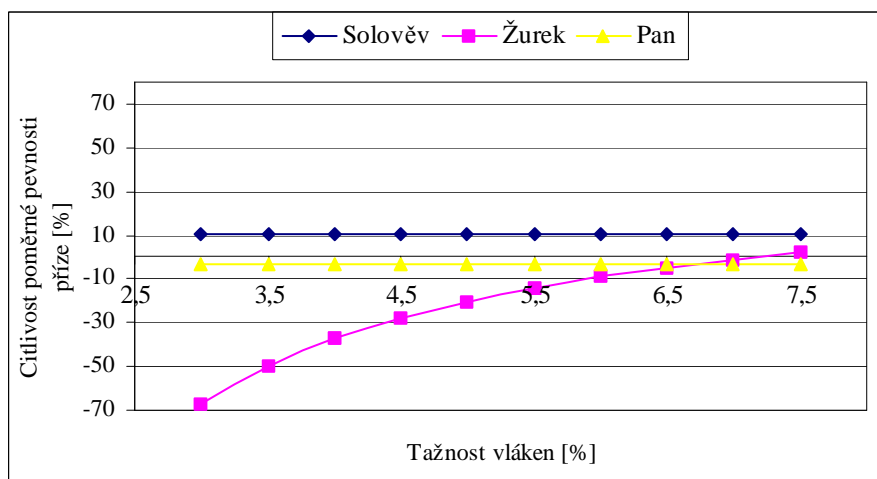
Graf 3: Citlivost poměrné pevnosti příze na jemnost vláken



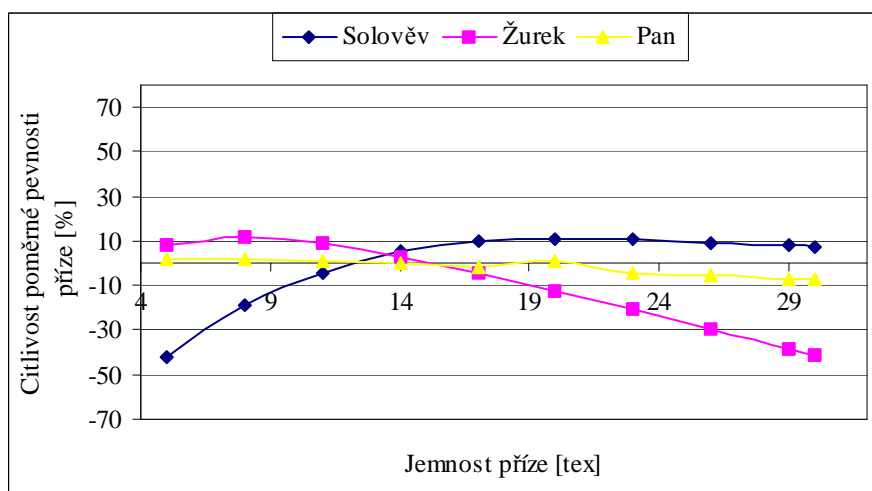
Graf 4: Citlivost poměrné pevnosti příze na poměrnou pevnost vláken



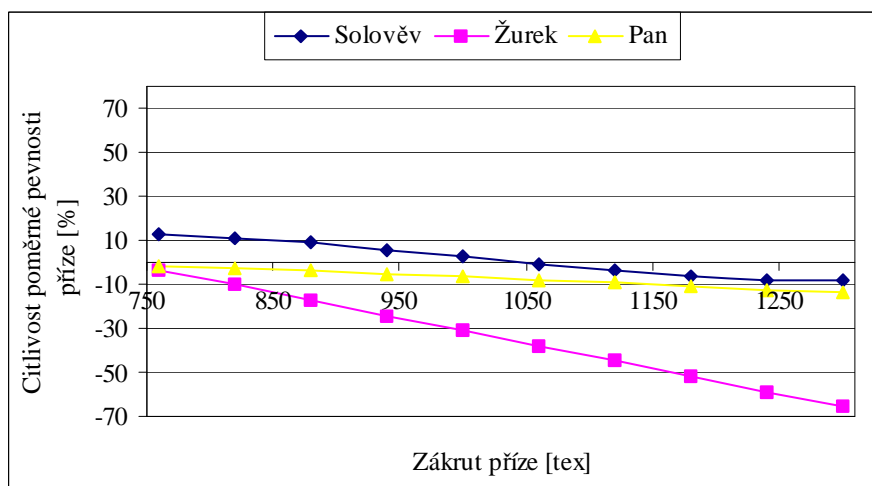
Graf 5: Citlivost poměrné pevnosti příze na tažnost vláken



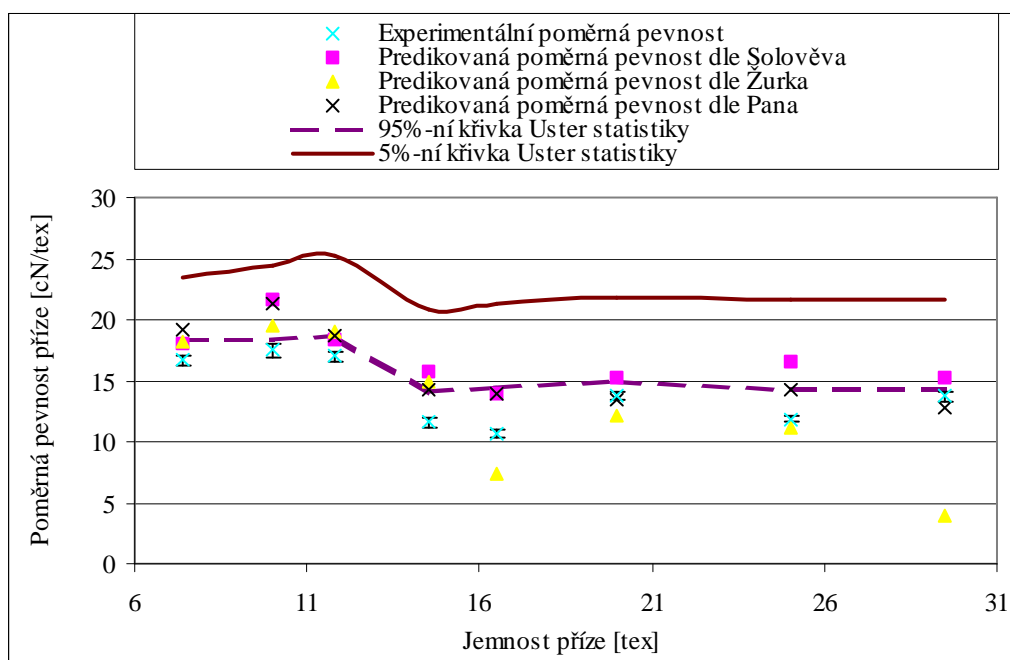
Graf 6: Citlivost poměrné pevnosti příze na jemnost příze



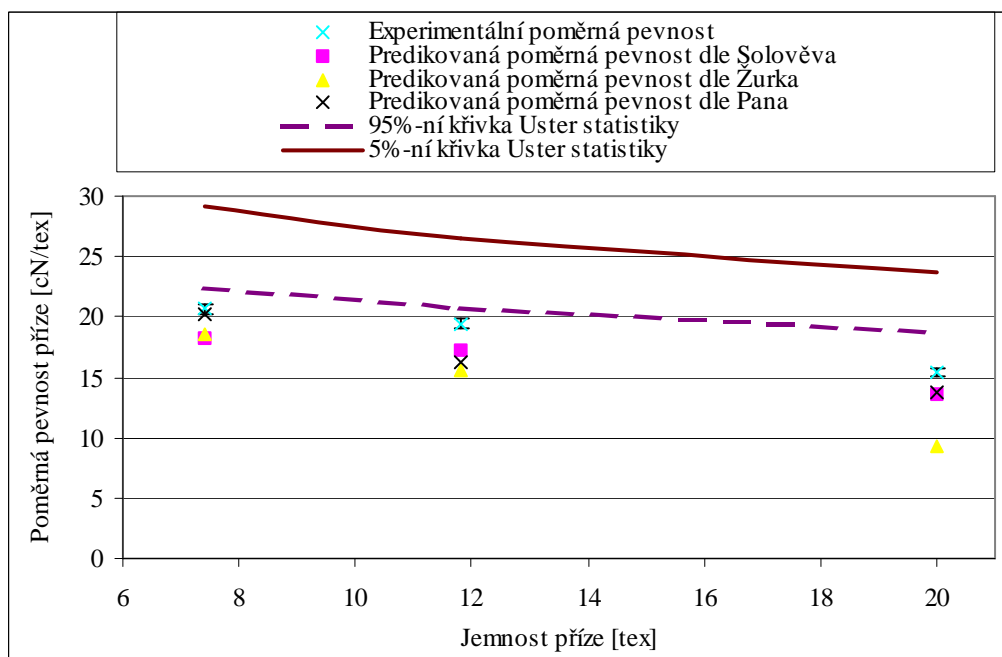
Graf 7: Citlivost poměrné pevnosti příze na zákrut příze



Graf 8: Porovnání veškerých získaných poměrných pevností prstencových přízí s Uster statistikou



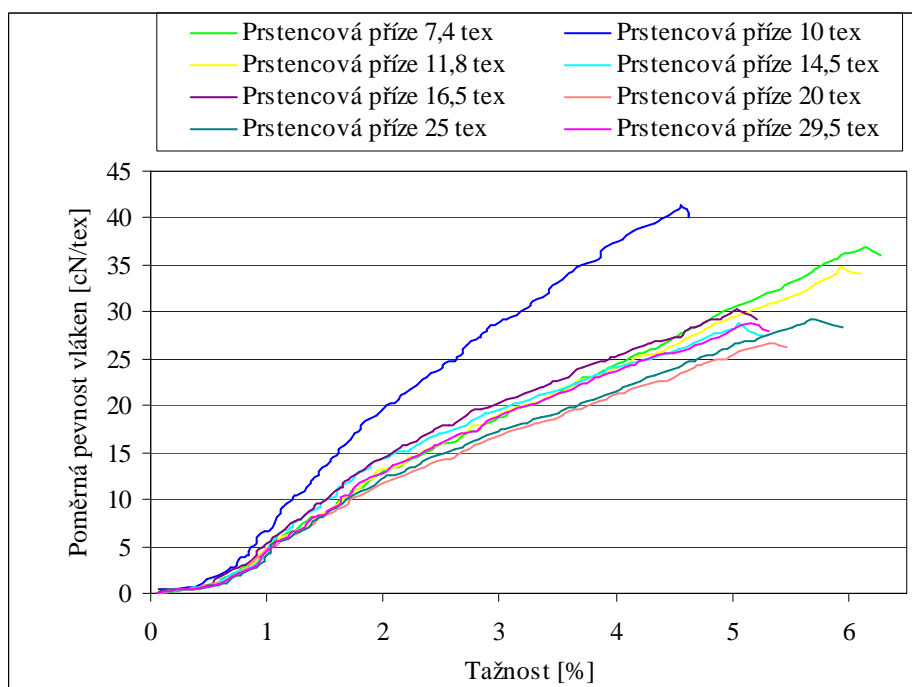
Graf 9: Porovnání veškerých získaných poměrných pevností kompaktních přízí s Uster statistikou



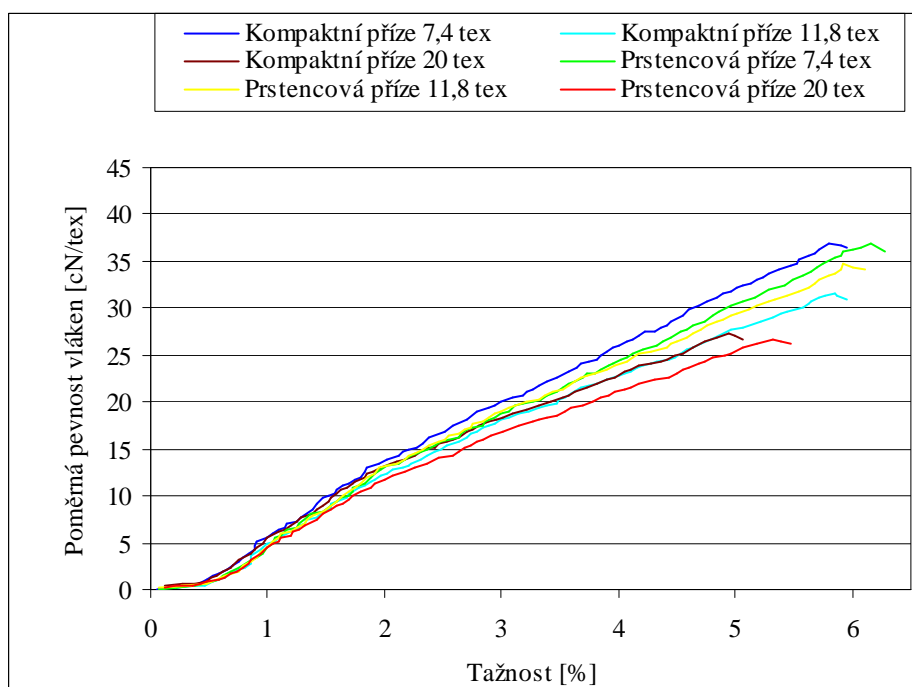
Příloha 3

Průměrné tahové křivky, deformační práce a moduly pružnosti

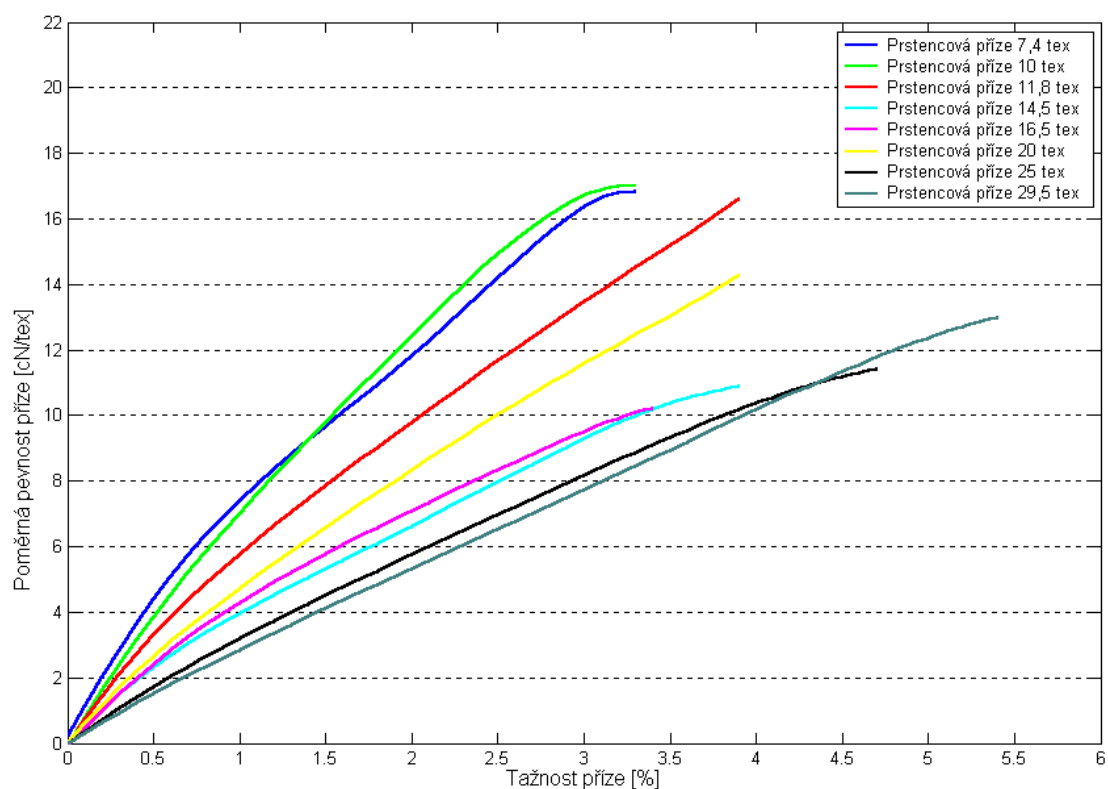
Graf 1: Průměrné tahové křivky vláken prstencových přízí



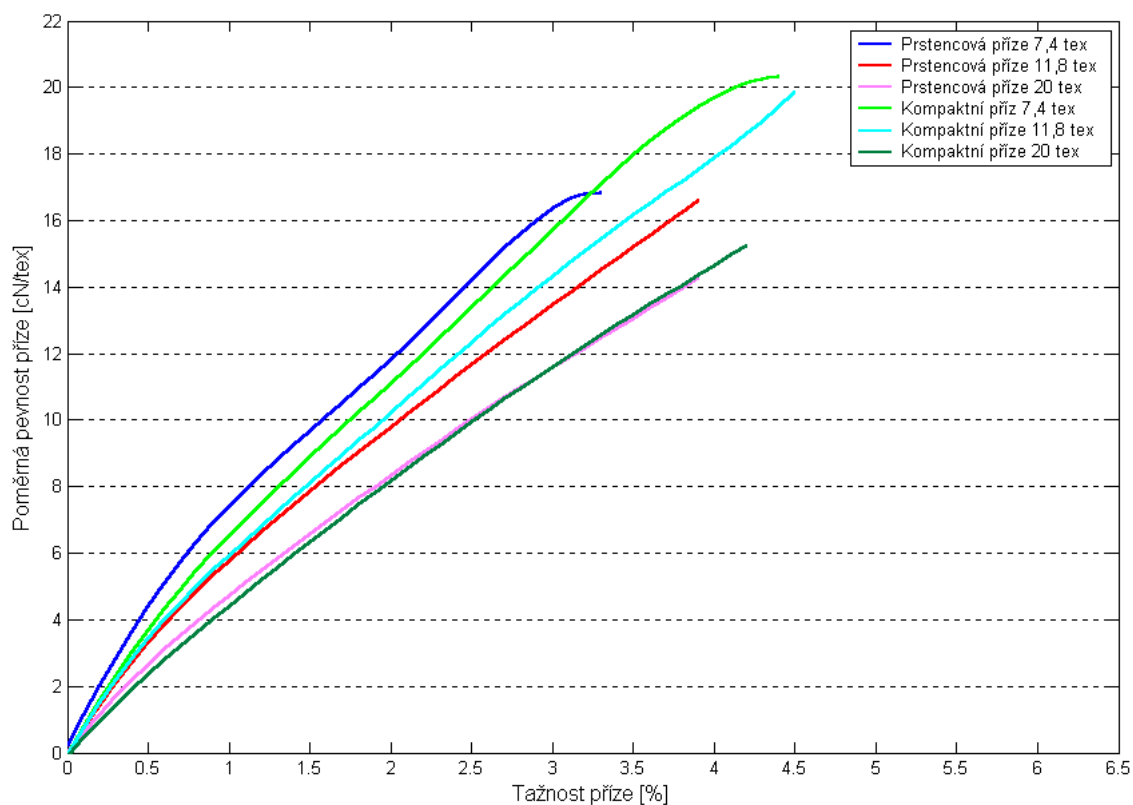
Graf 2: Průměrné tahové křivky vláken prstencových a kompaktních přízí (stejný výrobce)



Graf 3: Průměrné tahové křivky prstencových přízí



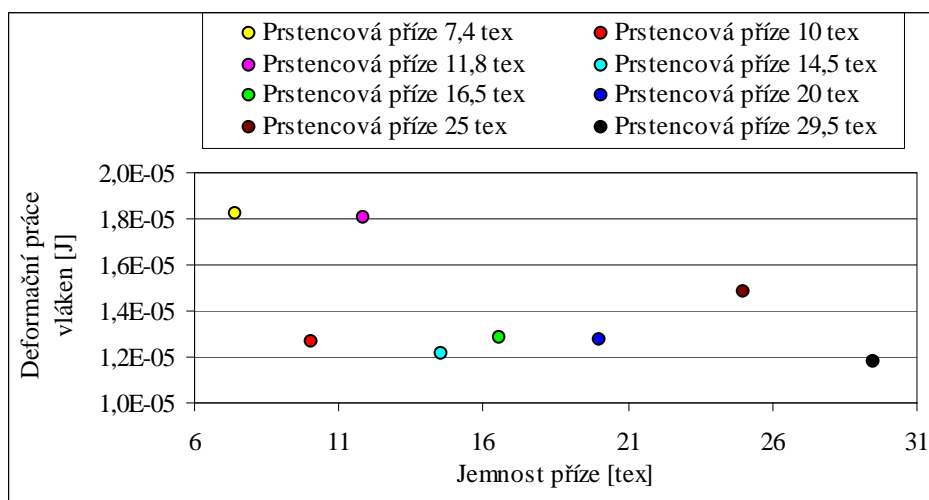
Graf 4: Průměrné tahové křivky prstencových a kompaktních přízí (stejný výrobce)



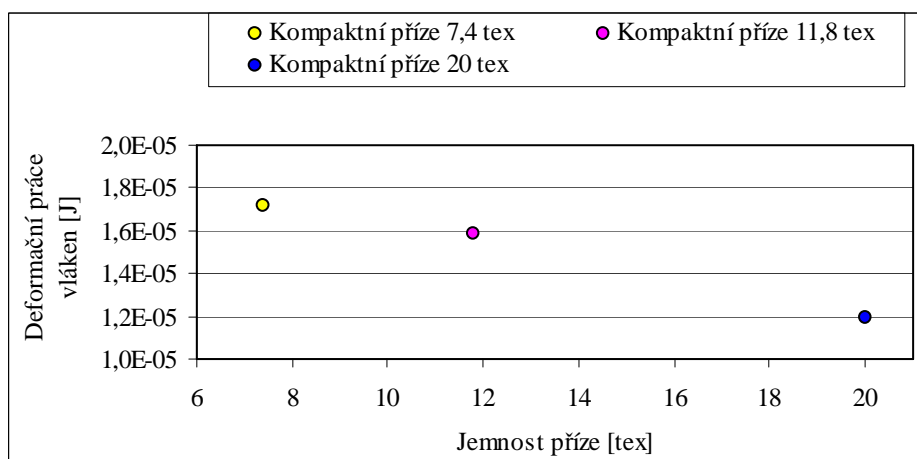
Tab. 1: Vypočtená deformační práce

Deformační práce		Deformační práce vláken [J]	Deformační práce příze [J]
Jemnost příze 7,4 tex	Kompaktní	$1,72 \cdot 10^{-5}$	$1,99 \cdot 10^{-2}$
	Prstencová	$1,82 \cdot 10^{-5}$	$1,24 \cdot 10^{-2}$
Jemnost příze 10 tex	Prstencová	$1,27 \cdot 10^{-5}$	$1,71 \cdot 10^{-2}$
Jemnost příze 11,8 tex	Kompaktní	$1,59 \cdot 10^{-5}$	$2,89 \cdot 10^{-2}$
	Prstencová	$1,81 \cdot 10^{-5}$	$1,76 \cdot 10^{-2}$
Jemnost příze 14,5 tex	Prstencová	$1,22 \cdot 10^{-5}$	$1,83 \cdot 10^{-2}$
Jemnost příze 16,5 tex	Prstencová	$1,29 \cdot 10^{-5}$	$1,74 \cdot 10^{-2}$
Jemnost příze 20 tex	Kompaktní	$1,20 \cdot 10^{-5}$	$3,61 \cdot 10^{-2}$
	Prstencová	$1,27 \cdot 10^{-5}$	$3,14 \cdot 10^{-2}$
Jemnost příze 25 tex	Prstencová	$1,49 \cdot 10^{-5}$	$3,85 \cdot 10^{-2}$
Jemnost příze 29,5 tex	Prstencová	$1,18 \cdot 10^{-5}$	$5,48 \cdot 10^{-2}$

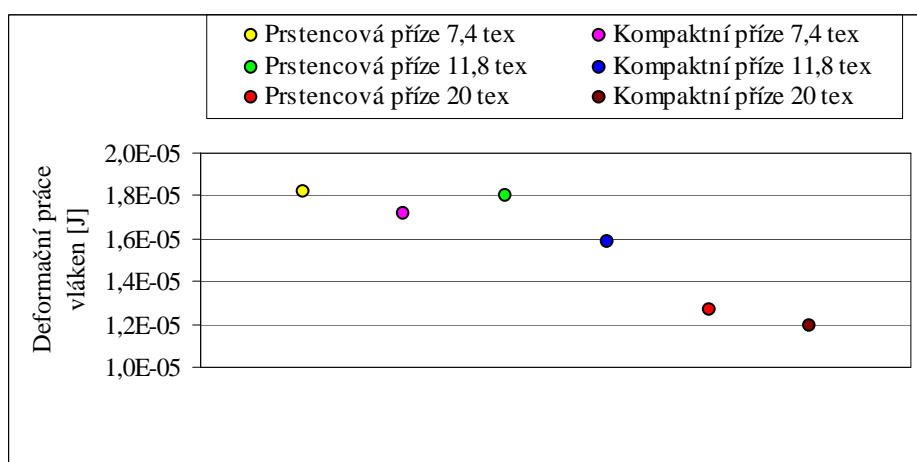
Graf 5: Vypočtená deformační práce vláken prstencových přízí



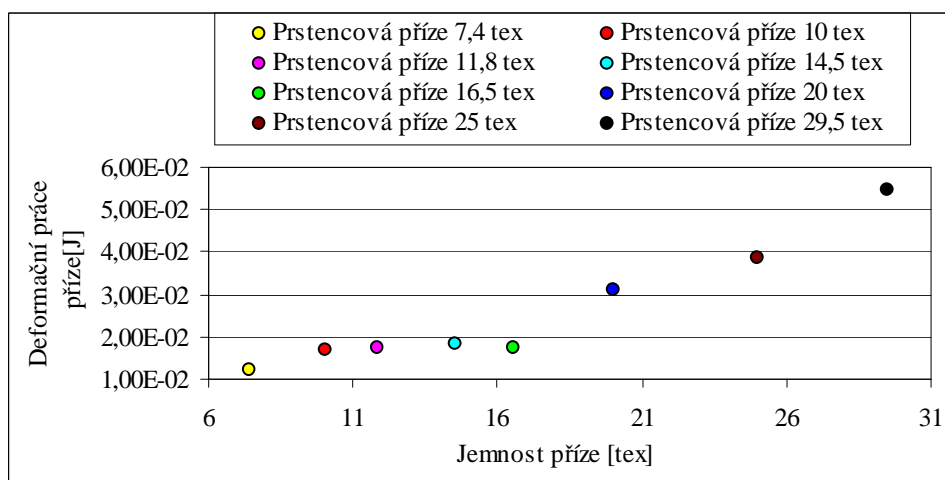
Graf 6: Vypočtená deformační práce vláken kompaktních přízí



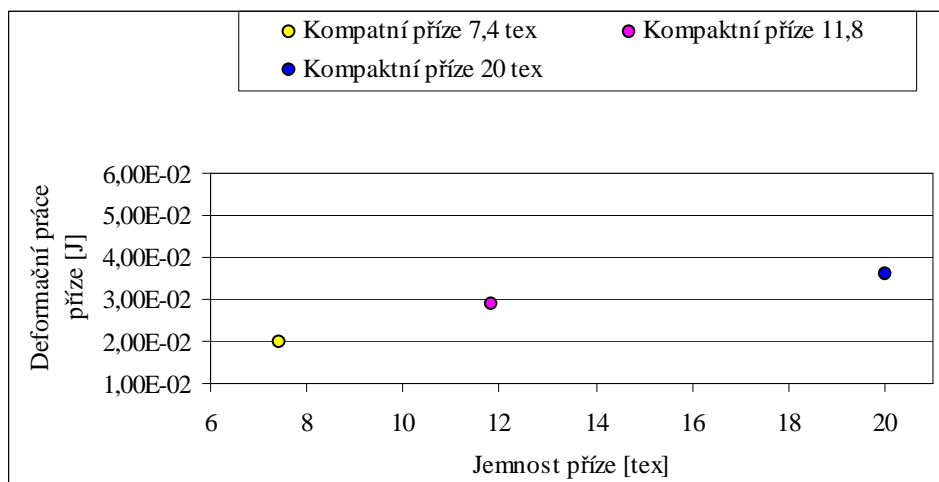
Graf 7: Vypočtená deformační práce vláken prstencových a kompaktních přízí (stejný výrobce)



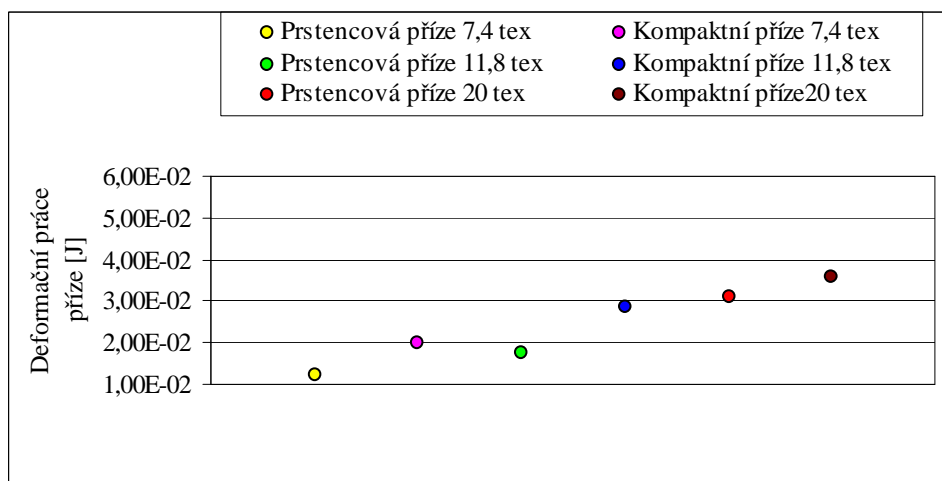
Graf 8: Vypočtená deformační práce prstencových přízí



Graf 9: Vypočtená deformační práce kompaktních přízí



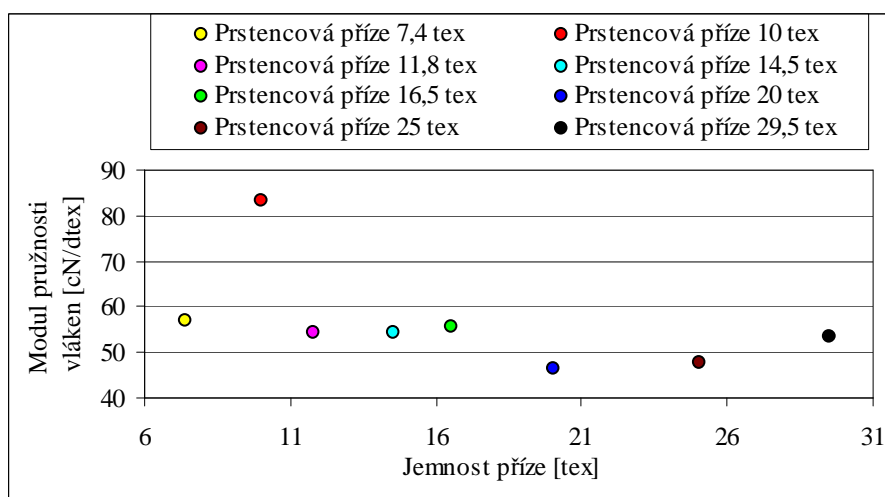
Graf 10: Vypočtená deformační práce prstencových a kompaktních přízí (stejný výrobce)



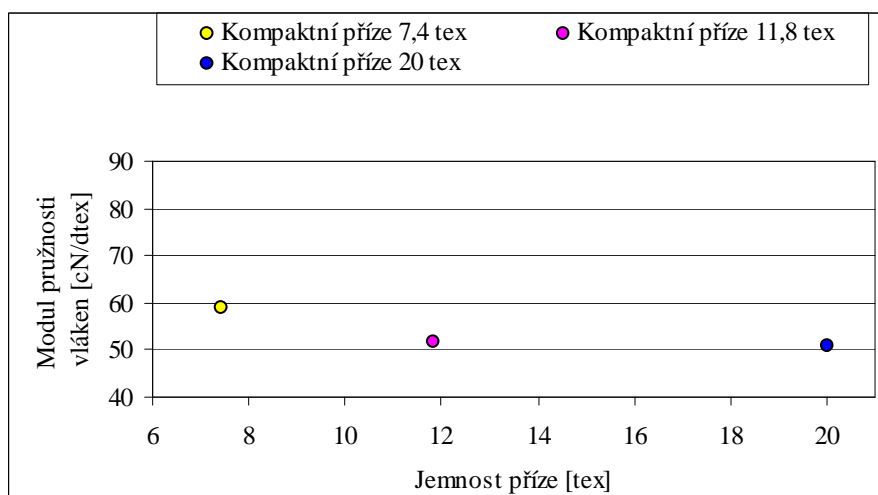
Tab. 2: Vypočtené moduly pružnosti

Moduly pružnosti		Modul pružnosti vláken [cN/dtex]	Modul pružnosti příze [cN/dtex]	Počáteční modul pružnosti příze [cN/dtex]
Jemnost příze 7,4 tex	Kompakt.	59,22	46,55	0,94
	Prstenc.	57,15	49,94	0,85
Jemnost příze 10 tex	Prstenc.	83,44	52,08	0,80
Jemnost příze 11,8 tex	Kompakt.	51,72	42,99	0,58
	Prstenc.	54,55	41,20	0,64
Jemnost příze 14,5 tex	Prstenc.	54,58	29,37	0,62
Jemnost příze 16,5 tex	Prstenc.	55,91	30,75	0,38
Jemnost příze 20 tex	Kompakt.	50,91	44,38	0,32
	Prstenc.	46,75	34,91	0,87
Jemnost příze 25 tex	Prstenc.	48,08	24,84	0,87
Jemnost příze 29,5 tex	Prstenc.	53,51	25,39	0,55

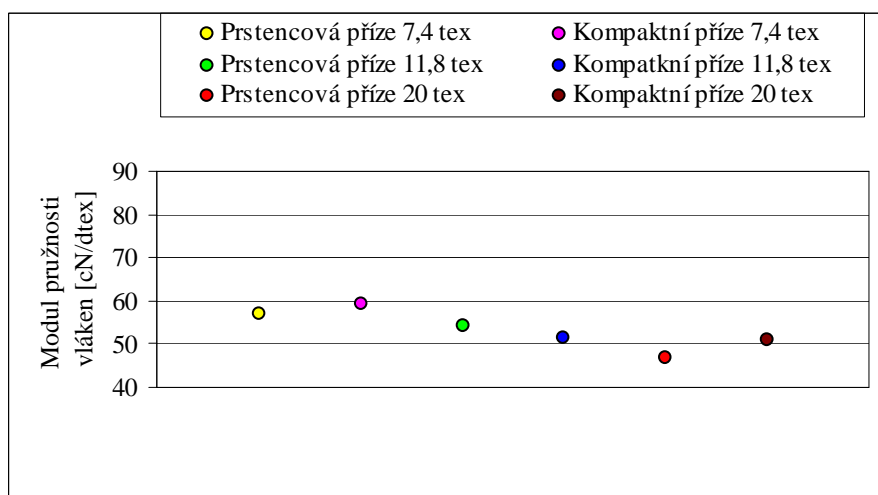
Graf 11: Modul pružnosti vláken prstencových přízí



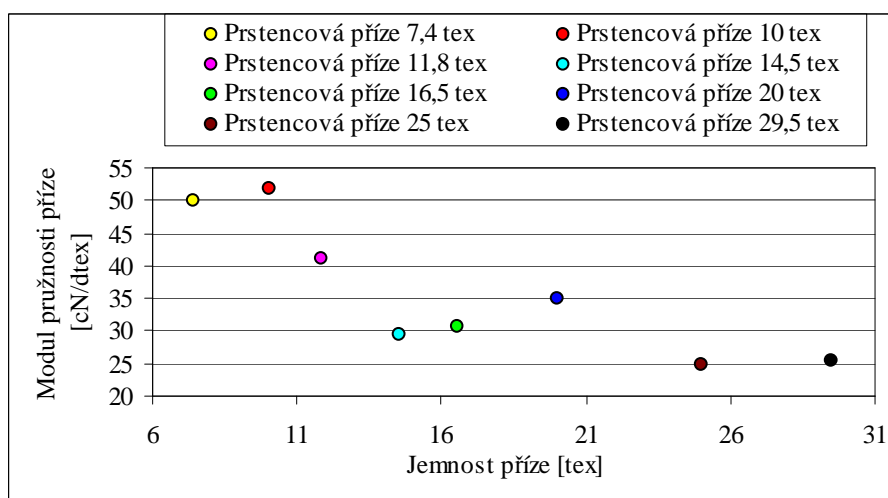
Graf 12: Modul pružnosti vláken kompaktních přízí



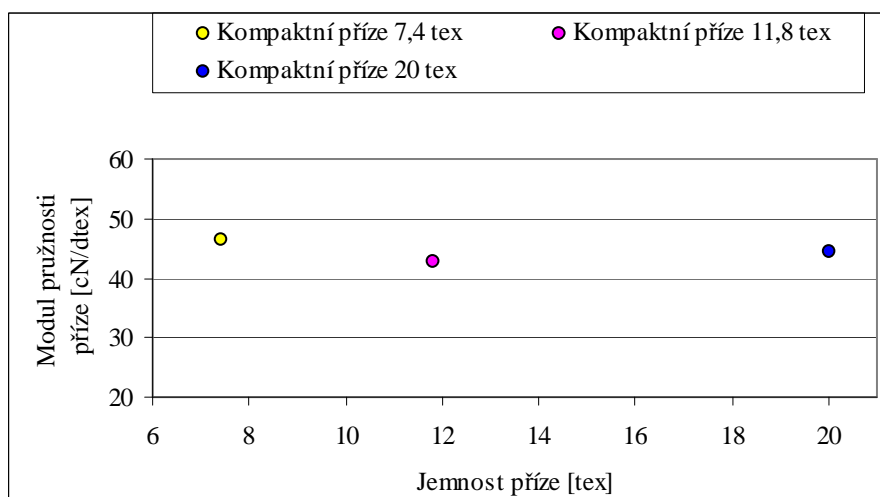
Graf 13: Modul pružnosti vláken prstencových a kompaktních přízí (stejný výrobce)



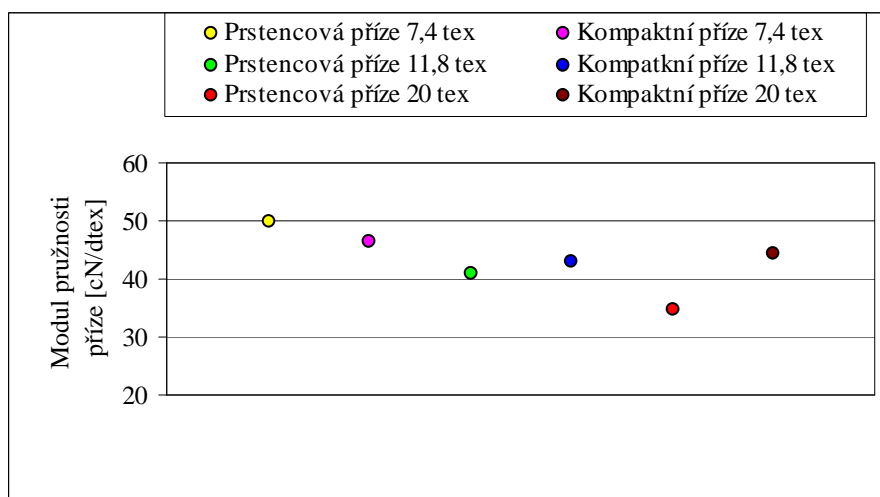
Graf 14: Modul pružnosti prstencových přízí



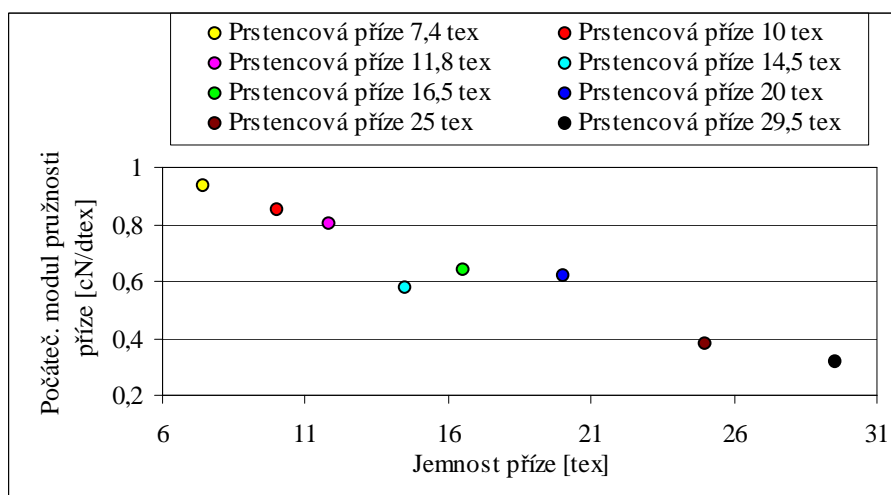
Graf 15: Modul pružnosti kompaktních přízí



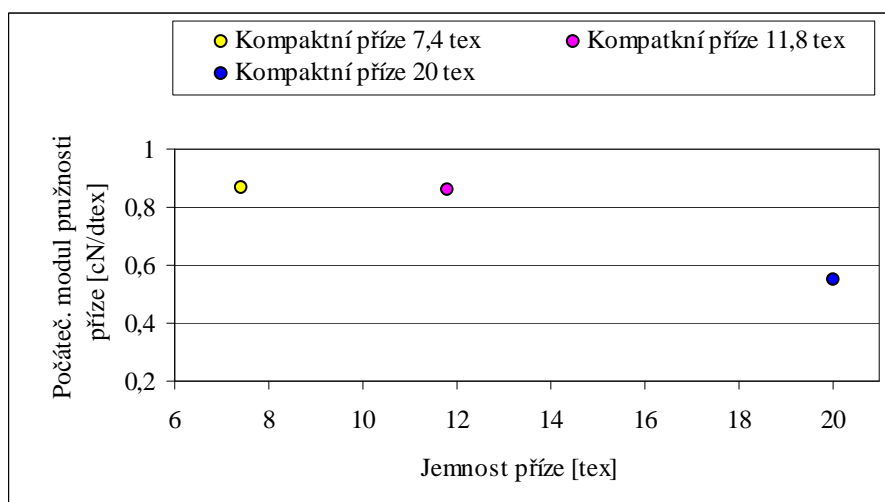
Graf 16: Modul pružnosti prstencových a kompaktních přízí (stejný výrobce)



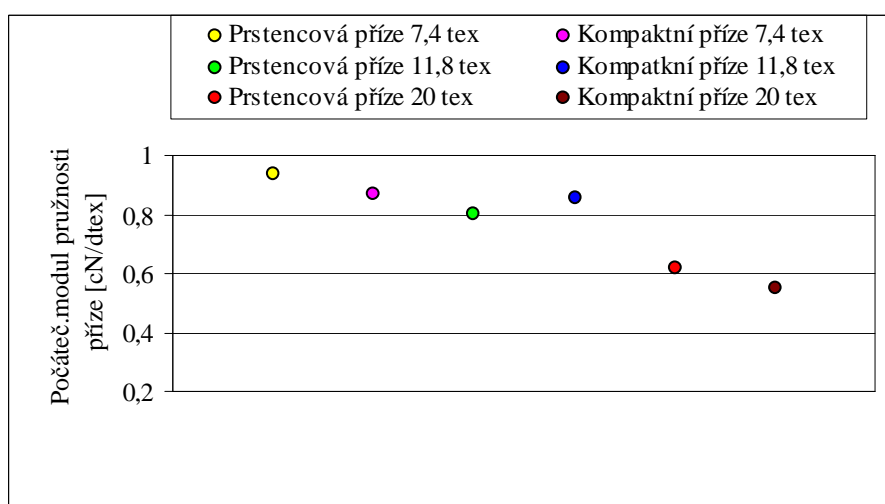
Graf 17: Počáteční modul pružnosti prstencových přízí



Graf 18: Počáteční modul pružnosti kompaktních přízí



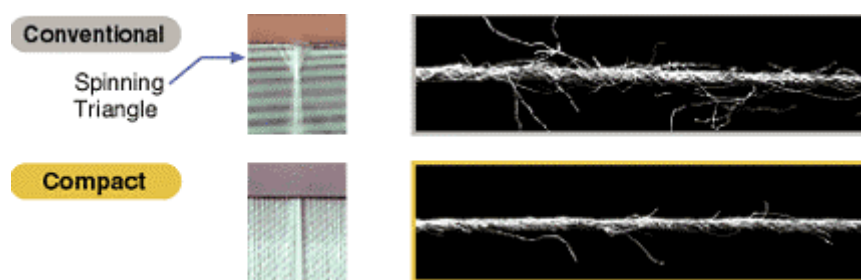
Graf 19: Počáteční modul pružnosti prstencových a kompaktních přízí (stejný výrobce)



Příloha 4

Fotogalerie, m-file programu Matlab

Obr. 1.: Rozdíl mezi kompaktním a konvenčním předením



Obr. 2.: Vibroskop 400 propojený s Vibrodynem 400



Obr. 3.: Přístroj Instron



Obr. 4.: m-file programu Matlab

<code>load X.txt;</code>	načtení souboru se souřadnicemi x (protažení v [inch])
<code>load Y.txt;</code>	načtení souboru se souřadnicemi y (zatěžující síla [lbf])
<code>X1=X*L;</code>	převod „palců“ na tažnost v [%]
<code>Y1=(Y-K1)*K;</code>	odečet předpětí a převod [lbf] na poměrnou pevnost [cN/tex]
<code>xi=0:0.1:meze;</code>	body x ve kterých budou počítány aproximace
<code>k=polyfit(X1,Y1,5);</code>	nalezení koeficientů k polynomu 5. řádu
<code>yi=polyval(k,xi);</code>	vyčíslení polynomu k pro všechny hodnoty x
<code>plot(xi,yi,'b');</code>	vykreslení regresní křivky
<code>hold on;</code>	zakreslení do stejného okna grafu
<code>plot(X1, Y1);</code>	vykreslení všech tahových křivek
<code>hold off;</code>	